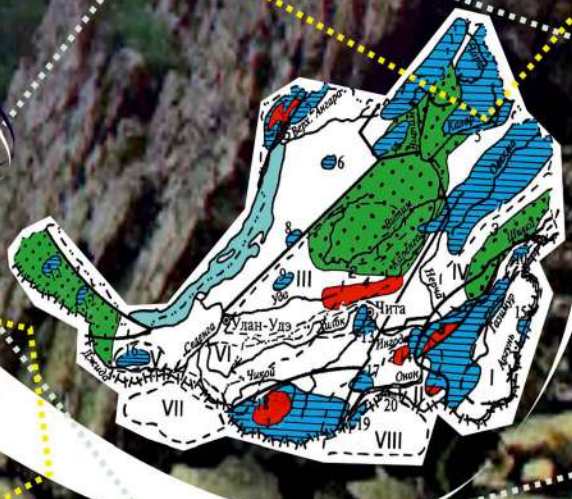
Г. А. Юргенсон

Ювелирные камни Забайкалья

Часть 1
Промышленные месторождения пегматитов и грейзенов



7 0.18913

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГБОУ ВО «Забайкальский государственный университет»
Российская академия наук
ФГБУН «Институт природных ресурсов, экологии и криологии
Сибирского отделения Российской академии наук»

Лаборатория минералогии и геохимии ландшафта
Читинское отделение Российского минералогического общества

Г. А. Юргенсон

Ювелирные камни Забайкалья

Часть 1
Промышленные месторождения пегматитов и грейзенов

Монография

Чита
Забайкальский государственный университет
2016

К 33.29 + 26.325.13

Ю 66

УДК 549.091(571.55)
ББК 26.342(2Рос-4Чит)
Ю 665

Рекомендовано к изданию
Советом по научной и инновационной деятельности
Забайкальского государственного университета
и учёным советом Института природных ресурсов,
экологии и криологии Сибирского отделения Российской академии наук

Рецензенты
В. Г. Гадиятов, д-р геол.-минерал. наук, профессор,
Воронежский государственный университет
Б. Н. Абрамов, д-р геол.-минерал. наук,
Институт природных ресурсов, экология и криологии СО РАН, г. Чита

Юргенсон, Георгий Александрович

Ю 665 Ювелирные камни Забайкалья : монография / Г. А. Юргенсон ; Забайкал. гос. ун-т. – Чита : ЗабГУ, 2016.
ISBN 978-5-9293-1727-9

Ч. 1. Промышленные месторождения пегматитов и грейзенов, 2016. – 198 с.
ISBN 978-5-9293-1732-3

Монография содержит сведения об основных группах и видах ювелирных камней, месторождения которых известны на территории Забайкалья (Забайкальский край и Республика Бурятия). Даны общие сведения о геммологии, геммологической минерагении, камнесамоцветном минеральном сырье, особенностях его добычи, оценки и переработки. Охарактеризованы ювелирные разности корунда, берилла, топаза, турмалина, благородного опала, оливина, андалузита, горного хрусталя, включая собственно горный хрусталь, морион, дымчатый кварц, аметист, цитрин и аметрин. Приведены сводка и описание важнейших месторождений для территории Забайкалья, закономерности их размещения, запасы и прогнозные ресурсы, минерагенический потенциал.

Научное издание предназначено для геологов, геммологов, ювелиров, студентов, магистрантов, аспирантов, преподавателей геологических и других специальностей, связанных с использованием минерального сырья, предпринимателей, менеджеров и всех, интересующихся ювелирными камнями.

УДК 549.091(571.55)
ББК 26.342(2Рос-4Чит)

ISBN 978-5-9293-1732-3 (Ч. 1)
ISBN 978-5-9293-1727-9

© Г. А. Юргенсон, 2016
© Забайкальский государственный университет, 2016
© ИПРЭК СО РАН, 2016

ЭК

ЗАБАЙКАЛЬСКАЯ КРАЕВАЯ БИБЛИОТЕКА им. А.С. Пушкина

Г. О. 18913

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 5

Глава 1. Геммология – наука о камнесамоцветном сырье и ювелирных камнях 7
1.1. Общие сведения 7
1.2. Из истории зарождения геммологии 8
1.3. Современные представления о камнесамоцветном сырье и ювелирных камнях 12

Глава 2. Из истории открытий и изучения камнесамоцветного сырья в Забайкалье 19
2.1. Общие положения 19
2.2. Первые сведения 21
2.3. Открытие основных камнесамоцветных провинций в Забайкалье 21
2.4. Советский период планомерных исследований на камнесамоцветное сырьё 22
2.5. Постсоветский период 26

Глава 3. Свойства ювелирных камней 30
3.1. Общие сведения 30
3.2. Методы определения цвета 30
3.3. Определение других физических констант и геммологических характеристик 34
3.4. Облагораживание камнесамоцветного сырья 36
3.5. Общие принципы обогащения и оценки камнесамоцветного сырья 36

Глава 4. Геммологическая минерагения и руднoформационная классификация месторождений ювелирных камней 38
4.1. Геммологическая минерагения 38
4.2. Руднoформационная классификация 42

Глава 5. Ювелирные камни промышленных месторождений 47
5.1. Общие замечания 47
5.2. Берилл 47
5.2.1. Из истории овладения 47
5.2.2. Состав и свойства 48
5.2.3. Основные разновидности берилла 58
5.2.4. Геммологические особенности берилла 63
5.2.5. Условия образования берилла 65
5.2.6. Промышленно-генетические типы месторождений 68
5.2.7. Способы добычи 69
5.2.8. Способы обработки берилла для ювелирных изделий 69
5.3. Топаз 71
5.3.1. Из истории овладения 71
5.3.2. Состав и свойства 71
5.3.3. Геммологические особенности топаза 75
5.3.4. Условия образования 75
5.3.5. Области использования и цены 76
5.3.6. Промышленно-генетические типы месторождений 76
5.3.7. Способы добычи 76
5.3.8. Способы обработки топазов для ювелирных изделий 77

5.4. Турмалин 78
5.4.1. Из истории открытий в России 78
5.4.2. Состав и свойства 79
5.4.3. Геммологические особенности турмалина 86
5.4.4. Условия образования 87
5.4.5. Области использования и цены 87
5.4.6. Промышленно-генетические типы месторождений ювелирного турмалина 88
5.4.7. Способы добычи 89
5.4.8. Способы обработки турмалинов для ювелирных изделий 90
5.5. Горный хрусталь 90
5.5.1. Общие замечания 90
5.5.2. Состав и свойства 90
5.5.3. Разновидности кварца и природа их окраски 95
5.5.4. Геммологические свойства 98
5.5.5. Условия образования 98
5.5.6. Области использования и цены 99

Глава 6. Месторождения и перспективные проявления ювелирного берилла, топаза, турмалина и кварца в Забайкалье 100
6.1. Промышленно-генетические типы месторождений 100
6.2. Промышленные месторождения с разведанными запасами ювелирного сырья 105
6.2.1. Промышленные месторождения пегматитовой формации 105
6.2.1.1. Пегматитовое поле Адун-Челон 105
6.2.1.2. Малханское месторождение цветного турмалина 110
6.2.1.3. Частично отработанные перспективные промышленные месторождения 119
6.2.2. Промышленные месторождения формации миароловых гранитов и апогранитных грейзенов 124
6.3. Перспективные проявления ювелирных берилла, топаза, цветного турмалина и горного хрусталя 172
6.3.1. Месторождения и проявления Борщовочного хребта 172
6.3.2. Перспективы формации гранитных пегматитов на ювелирные берилл, топаз, турмалин и горный хрусталь 181

Заключение 187

Библиографический список 189

ВВЕДЕНИЕ

Издание представляет собой первую часть сводки всех знаний об ограночных ювелирных камнях Забайкалья по состоянию на 01.04.2016 г. Первое обобщение знаний о камнесамоцветном сырье этого обширного региона России было осуществлено в отчёте по теме № 26, выполненной по заданию Министерства геологии СССР, Госгеолкома РФ, Роснедра, а затем и Министерства природных ресурсов РФ в 1991–1996 гг. (авторы – Г. А. Юргенсон, Т. Н. Юргенсон и др.) и опубликовано в виде монографии Г. А. Юргенсон «Ювелирные и поделочные камни Забайкалья» в 2001 г. Прошло 20 лет со дня завершения сводки. За это время наиболее важные объекты ограночных камней подверглись достаточно интенсивной несанкционированной отработке, а жилы Моховая и Соседка Малханского пегматитового поля в значительной части выработаны. Другие жилы (Светлая, участки Верхнемогзонский, Правобережный, Левобережный и др.) с 2015 г. стали объектом эксплуатации. Интенсивно ведётся несанкционированная добыча ювелирных разновидностей берилла на Шерловой Горе. Это относится и к пегматитовому полю Уро в Республике Бурятия, где обнаружены горный хрусталь и аметрин.

За истекшие 20 лет продолжалось интенсивное изучение Шерловогорского и Малханского месторождений, где получены новые данные о составе и свойствах главных и второстепенных минералов.

В предлагаемой читателю книге, являющейся первой частью обобщения об основных группах и видах ювелирных камней, месторождения которых известны на территории Забайкалья (Забайкальский край и Республика Бурятия), даны общие сведения о геммологии, геммологической минерагении, камнесамоцветном минеральном сырье, особенностях его добычи, оценки и переработки. Охарактеризованы ювелирные разности берилла, топаза, турмалина, группы кварца, включая горный хрусталь, дымчатый кварц, морион, аметист, цитрин и аметрин. Приведены сводка и описание важнейших месторождений для территории Забайкалья по состоянию на 01.01.2016 г., закономерности их размещения, запасы и про-

гнозные ресурсы, минерагенический потенциал. Автор полагает, что в связи со сменой общественно-экономической формации и принципами недропользования она может оказаться полезной всем, кто поставит себе целью поиски, геологическое изучение и разработку месторождений самоцветов. Вторая часть обобщения, готовящаяся к публикации, будет содержать сведения о перспективных проявлениях ювелирного корунда (рубин и сапфир), оливина, шпинели, андалузита, благородного опала, сподумена (кунцит, гидденит), гамбергита, данбурита, поллуцита и других камнях. В связи с истощением многих месторождений появилась настоятельная необходимость разработки нового направления в учении о месторождениях полезных ископаемых, геммологической минерагении, основные положения которого изложены ниже.

В качестве источников информации использована как опубликованная, так и фондовая литература, а также собственные данные автора, полученные в течение более чем полувекового (1957–2015) изучения им месторождений камнесамоцветного сырья СССР и Афганистана. Важным источником информации явилась 4-томная «Энциклопедия Забайкалья», изданная в 2000–2006 гг. издательством «Наука» (Новосибирск), ответственным редактором которой совместно с А. Б. Птицыным был автор, а также инвестиционные материалы, издававшиеся Администрацией Читинской области в 2000–2010 гг. Автор признателен канд. геол.-минерал. наук О. К. Смирновой за помощь в подборе материала по месторождениям Республики Бурятия, Т. Н. Юргенсон за подбор и обработку материалов по большому числу объектов, а также сотрудникам музея БНЦ СО РАН за предоставление каменного материала месторождений Республики Бурятия для фотографирования.

В монографии использованы авторские условные обозначения: в круглых скобках указано время проведения работ, в квадратные скобки заключены опубликованные источники, на которые ссылается автор.

ГЛАВА 1. ГЕММОЛОГИЯ – НАУКА О КАМНЕСАМОЦВЕТНОМ СЫРЬЕ И ЮВЕЛИРНЫХ КАМНЯХ

1.1. Общие сведения

Тысячелетия отделяют нас от того счастливого мгновенья, когда взору одного из племени людей во всём блеске совершенных и блестящих граней открылся самоцвет.

И с тех пор неразрывны загадочное волшебство гармонии кристалла и человеческого глаза. Оно не оставляет равнодушным никого. Редкий человек не видит красоты. Но приходит время, и прозревает каждый. По-другому быть не может: мы – едины. У нас одна природа. Живое возникло из неживого, чтобы в процессе эволюции произвести того, кто может познать и сохранить гармонию и соразмерность. Великий художник Рафаэль Санцио сказал когда-то, что красота и соразмерность – двуедины. Они объединены симметрией. И потому соразмерность и симметрия – взаимосвязаны в кристалле. Красота, гармония и блеск самоцветов – в совершенстве их симметрии. Они выражены в стройности и плотности заселения атомами кристаллического пространства, обусловившими великолепие кристаллов.

Вершине творения природы – человеку дано всё это ощутить, увидеть и познать. Но от простого ощущения совершенства кристалла до познания его природы, выраженной в составе и строении, лежат тысячелетия.

И до сих пор тайн более, чем яви.

Легенды о чарах камней-самоцветов родились от красоты и незнанья их природы. В наше время, когда многие из загадок природы самоцветов разгаданы, осо-

бенно причины окраски и других физических свойств, всё ещё сохраняется смутная, неосознанная вера в волшебство камней, их влияние на судьбу, на переменчивость настроения.

С чем это связано?

Скорее всего, с тем, что понимание истинной природы воздействия камней на человека – удел специалистов, что общение с прекрасным (а камни-самоцветы – высшая, совершеннейшая и вечная категория прекрасного), его созерцание, сопереживание всегда очищают, вызывают поток новых чувств, изменяют настроение, вселяют надежду.

В чём, в каком образе предстаёт перед нами камень-самоцвет? В совершенстве форм и световой игре. Но что это? Откуда? В чём кроется очарованье? Ведь можно безотрывно созерцать и каждое мгновенье видеть перемены в блеске и игре кристалла, огранённой вставки в перстне или кулоне. И это вечное движение манит и укрепляет веру в ожиданье чуда, в волшебство.

Хотим мы или не хотим это признать, но самоцветы и их свойства, их влияние на каждого из нас – объективная реальность, и спорить с этим трудно, да и ни к чему: мы находимся на грани знания, которое далеко не полно, и незнания, которое пока ещё безбрежно.

Самоцвет обладает ещё одним особым свойством – тайною названий. Каждое из них – особый, манящий образ. Алмаз и бриллиант рождают блеск и свет, с именем рубина возникает образ страсти и огня, вечнозелёный изумруд создаёт умиротворение в природе, покой и мечтательную негу, с именем аквамарина возникает волнующееся море. Ведь общеизвестно влияние цвета на психику. Всё это, вместе взятое, возможно, и способствует удивительной живучести веры в волшебство камней-самоцветов.

Особое, трепетное отношение к камню проходит через всю историю человечества. Сведения о них, пусть наивные, как сказано выше, есть уже в Ветхом и Новом Заветах – книгах, созданных талантливейшими из людей – древними иудеями, но приписываемых церковью мифическому творцу. Названия камней в древних книгах, хотя и созвучные современным, скорее всего, обозначают другие минеральные тела. Проблема эта впервые была поставлена минералогом Г. Г. Леммлейном, а затем систематически рассмотрена в книге В. В. Бобылева «Историческая геммология» [Бобылев, 2000].

1.2. Из истории зарождения геммологии

Геммология – наука о камнях-самоцветах. Фрагменты её на протяжении всей истории человечества можно найти в древнейших литературных памятниках. Они есть уже в первых шумерских клинописных табличках, созданных примерно в XXX в. до н. э. в Южной Месопотамии (Междуречье Тигра и Евфрата), в индусской медицинской литературе XX в. до н. э. Определённая группа камней (примерно 12) упоминается с XIII в. (1230 г.) до н. э. в Пятикнижии Моисеевом, затем во всех вариантах и редакциях Ветхого и Нового Заветов (IX в. до н. э. – XV в. н. э.), причисляемых церковью к божественным творениям.

Фактически начало геммологии было положено блистательной сводкой руководителя всех римских флотов Плиния Старшего (22–79 гг. н. э.) в 37-й книге его «Естественной истории». Второй такой работой уже в Средневековье была книга узбекского мыслителя Аль-Бируни (1035 г. н. э.) [Аль-Бируни, 1963]. Георг Бауэр (Агрикола, 1529 г. н. э., см. рис. 1) считается одним из отцов современной минералогии, которая интенсивнейшим образом развивалась в конце XVIII, XIX и XX вв. [Агрикола, 1986].

Рис. 1. Георг Бауэр (Агрикола) (1494–1555). Восковая фигура в музее истории горного дела, г. Яхимов, Чехия. Фото автора

Если на заре овладения камнем человека в равной мере интересовали как его прикладные свойства, позволявшие использовать его в повседневной жизни как орудие труда и оружие для добычи пищи и защиты от диких зверей, так и сакральные и эстетические признаки, наделяемые чарами и волшебством, то современного учёного минералога волнуют, прежде всего, знания о составе, свойствах и условиях образования, природа его эстетической привлекательности. И лишь в незначительной мере современные минералоги рассматривают эзотерические свойства камней, пытаясь понять неистребимую живучесть представлений о якобы связанных с ними чарах и волшебстве, влияющих на судьбы людей. Что же касается большинства людей, то их по-прежнему волнует не природа камня, а сама привлекательность, как и раньше, то есть – чисто утилитарные его качества.

Тем не менее, именно эти, приписываемые камню свойства в сочетании с его вечностью, редкостью и чарующей красотой, определяют его непреходящую ценность и всё возрастающий интерес к нему социума.

Все камни-самоцветы – это минералы или их природные сообщества, горные породы или минеральные агрегаты. Поэтому минералогия, – наука о минералах, этих природных химических соединениях, а также условиях и процессах их образования, является одной из важнейших основ геммологии. Другой важной областью знаний, с которой теснейшим образом связана геммология, является наука о закономерностях размещения их месторождений во времени и пространстве, или учение о месторождениях полезных ископаемых, называемое теперь минерагенией. В 2003 г. в ней возникло новое направление – геммологическая минерагения, задачей которой является разработка факторов и критериев прогноза и методов поисков месторождений камней-самоцветов [Yurgenson, 2003].

Чрезвычайная редкость и ценность наиболее популярных камней-самоцветов, таких как алмаз и изготовленных из него бриллиантов, рубин, сапфир, изумруд, аквамарин, жемчуг, янтарь, шпинели, подвигли некоторых наиболее ловких и да-

леко небесталанных дельцов к созданию подделок. Эти неотличимые простым глазом стразы в XIX в. наводнили рынок, и появилась необходимость разработать методы их надёжного отличия от действительно ценных природных камней.

В конце XIX в. произошли и другие немаловажные события в науке и технике, приведшие к необходимости создания специального направления в минералогии о камнях-самоцветах на сочленении с другими отраслями знаний и человеческой деятельности. Дело в том, что уже в 1837 г. М. Годен впервые получил мельчайшие кристаллики корунда, а в 1892 г. французский учёный профессор А. Вернейль осуществил синтез рубина. В 1902 г. он уже сумел создать технологию получения рубина, добавляя в исходный порошок глинозёма окись хрома. В Советском Союзе мастерская по синтезу ювелирного и технического рубина была создана в 1928 г. В первой трети XX столетия выращивание искусственных корундов различного цвета (красных, розовых, синих, жёлтых) уже производилось в Германии, США и других промышленно развитых странах [Рубин и сапфир, 1974]. В 50-х гг. XX в. интенсивно развивалась промышленность синтеза кристаллов кварца. На рынке ювелирных камней появилась прессованная бирюза и подделки под неё.

Достижения в синтезе изумрудов привели к тому, что искусственные камни выглядели эффектнее природных, и цена их тоже была велика. В качестве имитаций бриллиантов стали использоваться фианиты, представляющие собою оксид циркония, муассанит (карбид кремния), бромеллит (окись бериллия), рутил (двуокись титана), оксид иттрия, фабулит (титанат стронция) и другие вещества, отличить которые от алмаза в изделии может не каждый, тем более простой покупатель. В 1976 г. П. Жильсон (Франция) синтезировал материал, похожий на лазурит, но не соответствующий ему по составу. Эта же фирма в 1971 г. направила на рынок камня белый и черный синтетические опалы. Для имитации сапфира, аквамарина, изумруда, а также бриллианта и природной шпинели нередко используется искусственная шпинель.

Рынок камня специфичен. В нём довлеют традиции, складывавшиеся веками. Например, среди рубинов выше всех ценятся камни бирманского Могока, известные на европейском рынке многие столетия. А открытые во второй половине XX столетия рубины и сапфиры в Кампучии, Лаосе и Вьетнаме, по объективным данным мало отличающиеся от бирманских, ценятся значительно ниже. Это же относится и к изумрудам. Принято, что эталоном этого камня являются кристаллы, происходящие из Колумбии. Все остальные, кроме, разве, афганских из провинции Панджшер, и некоторых африканских месторождений, относят к изумрудам менее ценным.

Все эти особенности мирового рынка цветного камня требуют его точной диагностики и выявления признаков, позволяющих однозначно отличать подделки от творений природы и влиять на рынок.

Другой важнейшей особенностью цветных камней является необходимость обрамления их благородным металлом как с целью возможности использования как украшения, так и защиты от повреждений. Изготовление ювелирных изделий для этого имеет также тысячелетнюю историю. И важнейшей особенностью их всегда было и есть эстетическое единство камня и металла, достигаемое мастерством ювелира.

Поскольку камень-самоцвет представляет собоё редчайшее и совершеннейшее творение, в конечном счёте, определяющее его непреходящую ценность, обладание им и торговые операции сопряжены с некоторым особым его правовым статусом, в частности, таможенными правилами, когда он выступает как мерило ценности. Поэтому в современной практике рынка камня присутствует правовой аспект, обусловленный социальной ролью самоцвета.

Как самостоятельная область знаний геммология начала оформляться в Англии в 1892 г. В 1908 г. конференция британской Гольдсмитовской национальной ассоциации по предложению М. Барнета приняла резолюцию о необходимости подготовки геммологов [Корнилов, Солодова, 1986]. Два года спустя, в 1910 г., в Лондоне организовали курсы, на которых читались лекции и принимались экзамены по геммологии. В это же время проводились работы по созданию специального инструментария для диагностики камней без их разрушения. В 1906 г. Дж. Смит изобрёл геммологический рефрактометр. Для решения задач геммологии огромную роль сыграл Геммологический институт Америки, организованный Р. Шипли в Лос-Анджелесе в 1931 г., а также Механическая лаборатория в Лондоне и некоторые другие [Корнилов, Солодова, 1986]. В XXI в. научно-исследовательские и конструкторские работы во многих странах, а также обучение геммологов производятся в структурах национальных геммологических ассоциаций и обществ. В России действуют кафедры геммологии в Московском геологоразведочном университете (бывший Московский геолого-разведочный институт имени С. Орджоникидзе, МГРИ), в Иркутском техническом университете, в Геммологическом центре при кафедре минералогии МГУ, на кафедре художественной обработки материалов при Московском горном университете и в других организациях.

В нашей стране огромное значение в познании самоцветов имели и имеют обобщения академика А. Е. Ферсмана (см. рис. 2). Его считают основоположником российской и советской геммологии. Основополагающие монографии А. Е. Ферсмана «Драгоценные и цветные камни СССР» [1962], «Очерки по истории камня» [1954, 1961] не потеряли научного значения по сей день. Одной из первых сводок, многие годы используемой в учебном процессе, является книга Н. И. Корнилова и Ю. П. Солодовой «Ювелирные камни» [1986], выдержавшая несколько изданий. Большой вклад в развитие отечественной геммологии внесли также В. И. Крыжановский, А. А. Мамуровский, Г. П. Барсанов, Г. Г. Леммлейн, Ю. Л. Орлов, Е. Я. Киевленко, Б. М. Шмакин, В. С. Балицкий, А. Н. Платонов, А. И. Гинзбург, А. С. Таланцев, Ю. П. Солодова, О. В. Кононов, Г. В. Букин, Н. В. Соболев, В. В. Шацкий, Р. М. Лобацкая, А. В. Татаринов, В. Г. Гадиятов и многие другие.

Рис. 2. Основоположник науки о самоцветах в России академик А. Е. Ферсман (1883–1945)

Основным понятием и предметом исследования в геммологии является камень, обладающий определёнными утилитарными свойствами, позволяющими использовать его в качестве художественного произведения, украшения и (или) мерила ценности. Специфичность её, как видно из вышесказанного, соотносится со свойствами камней-самоцветов, являющихся объектом и предметом изучения геммологии. Исторически и функционально сложилось так, что геммология в современности стала ***наукой о ювелирных и поделочных камнях на стыке минералогии, геологии полезных ископаемых, минерагении, петрологии, ювелирного дела, эстетики, коммерции и права***. Это определение, впервые сформулированное автором в «Предисловии редактора» к работе [Гадиятов, 2005] стало общепринятым [Гадиятов и др., 2007, Юргенсон, 2010, 2011; И. С. Копырин, М. П. Попов, 2010; Копырин и др., 2010].

Зародившаяся в конце XIX – начале XX вв. сначала как направление в торговле драгоценными камнями и обслуживавшая в основном торговцев и потребителей драгоценностей, к середине XX столетия в связи с резкой интенсификацией синтеза минерального сырья геммология развилась в мощное научное направление по диагностике минералов современными физическими методами.

В современной геммологии уже выделены как самостоятельные направления историческая геммология [Бобылев, 2000], минерагеническая геммология [Yurgenson, 2003] и коммерческая геммология [Гадиятов и др., 2007].

1.3. Современные представления о камнесамоцветном сырье и ювелирных камнях

В соответствии со справочником «Минеральное сырьё» [1999], к камнесамоцветному сырью относят все камни, используемые для изготовления украшений и художественных произведений. В России все камни, используемые в ювелирной и камнерезной промышленности, традиционно относят к разряду цветных камней. В настоящее время в ювелирно-камнерезном производстве используется порядка 100 минеральных видов и разновидностей цветных камней.

В отечественной геологической и геммологической литературе до сих пор нет общепринятых понятий о камнесамоцветнм сырье и его классификации. Например, в том же справочнике «Минеральное сырьё» [1999] в разделе «Сырьё камнесамоцветное» (с. 242) описание всех включённых в него камней предваряется отдельным подразделом с описанием алмаза (с. 242–244). И только затем, в следующем подразделе «Камни ювелирные и ювелирно-поделочные», описаны все остальные камни и здесь же даны общие сведения о них. Такое выделение алмаза вряд ли правомерно. Ведь кристаллы алмаза или полученные из них бриллианты одинаковой с рубинами и изумрудами массы по стоимости значительно уступают последним. Самыми дорогими из самоцветов являются рубины, затем следуют изумруды и только третье место, при прочих равных показателях качества и массы, занимают алмазы.

В настоящее время все камни подразделяют на *ювелирные, ювелирно-поделочные и поделочные*.

Кроме этих камней, обладающих художественными и эстетическими свойствами, выделяют и широко используют для создания памятников, различных сооружений, облицовки и украшения экстерьеров и интерьеров зданий и их фрагментов декоративно-облицовочные камни. Особенностью требований к ним являются вполне определённые показатели по физико-механическим и радиационным свойствам и, чаще всего, крупные размеры получаемых при добыче блоков. Эти камни представлены обычно различными горными породами и относительно крупными телами минеральных агрегатов, отличающимися стабильными структурно-текстурными особенностями и цветовыми характеристиками.

К *ювелирным камням* в основном относят прозрачные кристаллы минералов (рубин, изумруд, алмаз, аквамарин, кунцит, хризолит, гранат и др.), реже – просвечивающие и непрозрачные минеральные агрегаты и горные породы (опал, жадеит, нефрит, тигровый глаз и др.). Главными определяющими свойствами ювелирных камней являются красота, игра света, уникальность, долговечность, редкость, ценность и портативность.

Фактически же к ювелирным камням относятся все минералы, будь то алмаз, изумруд, горный хрусталь или агат, представляющие собой сырьё для производства ювелирных изделий, используемых как украшения человеческого тела, одеж-

ды (кольца, перстни, подвески, серьги, заколки, булавки, пуговицы и др.), как правило, оправленные в драгоценные металлы. Могут они применяться и для различных предметов, используемых в быту.

К ювелирно-поделочным могут быть отнесены камни, используемые для изготовления камнерезных изделий, украшений (бусы, браслеты, ожерелья, диадемы) одежды и тела, а также интерьеров жилых или других помещений. При этом одни и те же камни, в зависимости от их качества, могут быть использованы как ювелирные и как ювелирно-поделочные. Например, в зависимости от прозрачности и интенсивности зелёной окраски изумруд бывает сказочной красоты и ценности. Он может быть вставкой в перстень, серёжки, брошь или заколку для волос, представляя собой целое состояние в несколько миллионов долларов, или огранён кабошоном и использован в качестве бледно-зелёных, нанизанных на нитку полупрозрачных бусин. А мелкий изумрудный порошок, называемый изумрудной зеленью, используется индусами для зеленения век усопших, готовимых к торжественному публичному сожжению.

Другим примером может служить яшма, рядовой поделочный камень. Обладая ярким, причудливым тончайшим рисунком, будучи оправленной в золото, она ценилась как прекрасный ювелирный камень при дворе Екатерины Великой, отдававшей её обработке свободное время. И теперь оправленная в золото яшма высоко ценится у знатоков как прекрасный ювелирный самоцвет. Это же можно сказать о нефритах, агатах, родонитах и других цветных камнях.

За единицу измерения ювелирных камней принят карат (200 мг). Масса алмаза, согласно Всемирной ювелирной конфедерации [CIBJO, 1993], всегда измеряется в каратах (международное сокращение – «ct») до второго знака. При этом округление в сторону увеличения возможно только в случае, когда третий десятичный знак – девять. Стоимость одного карата зависит от массы огранённого камня. Ювелирные камни в сырье измеряются в граммах. Но окончательная стоимость камня определяется обычно после его огранки. К *ювелирно-поделочным* камням относят главным образом твёрдые просвечивающие и непрозрачные полиминеральные агрегаты и горные породы. Они характеризуются красивой окраской, декоративным рисунком, способностью принимать зеркальную полировку. Ювелирно-поделочные камни оценивают в сырье или в полуфабрикатах. За единицу измерения принят килограмм.

К *поделочным камням* относят как часть ювелирно-поделочных, которые по тем или иным признакам нецелесообразно использовать как ювелирно-поделочные, так и собственно поделочные. К последним относят преимущественно непрозрачные или лишь слабо просвечивающие горные породы или минеральные агрегаты, обладающие красивой окраской или затейливым, высоко декоративным рисунком, или тем и другим. Поделочные камни, в отличие от ювелирных и ювелирно-поделочных, должны иметь достаточно большой объём, который позволил бы изготовить высокохудожественные предметы для украшения быта или интерьера приемлемых функциональных размеров. Из мелкоузорчатых разновидностей поделочных камней (яшма, малахит, лазурит и др.) делают кабошоны и вставки для обрамления их драгоценными металлами или специальными сплавами, например, мельхиором. Поэтому, строго говоря, выделение поделочных камней в самостоятельную группу достаточно условно.

Оценка качества камней-самоцветов производится в сырье пробным шлифованием и полировкой.

В Российской Федерации действует особый подход к классификации ювелирных камней. Согласно действующему законодательству РФ из обширной группы

ювелирных камней выделены так называемые драгоценные камни [О драгоценных… , 2003]. К ним отнесены: природные алмаз, рубин, сапфир, изумруд, александрит, а также природный жемчуг.

Остальные природные цветные камни отнесены к полудрагоценным ювелирным и ювелирно-поделочным камням. При этом еще раз следует отметить, что чёткой границы между ювелирными, ювелирно-поделочными и поделочными камнями провести, как уже сказано выше, нельзя, так как индивиды или агрегаты одних и тех же минеральных видов или разновидностей могут обладать широким спектром свойств, определяющих возможность их использования и ценность.

В общепринятой международной классификации камней нет понятия полудрагоценные камни [CIBJO, 1993]. Все камни, в зависимости от их свойств и ценности, могут быть соответственно названы драгоценными или ювелирными. При этом оба понятия фактически идентичны. Вероятность попадания в ту или другую категорию зависит от совершенства, прозрачности, окраски и других свойств кристаллов или от эстетических свойств минеральных агрегатов. Например, кристалл берилла голубого цвета, или аквамарин, может быть отнесён к драгоценному камню, если он прозрачен и лишён видимых невооружённым глазом дефектов. В этом случае он же может быть назван также и ювелирным камнем. Если при наличии дефектов он, тем не менее, будет обладать приятным цветом, другими эстетическими свойствами, его можно отнести к сорту кабошон, оправить вставку золотом или серебром, т. е. использовать в ювелирном изделии. Если же по набору дефектов он не может быть использован в ювелирном изделии, он переходит в разряд ювелирно-поделочных и после галтовки и просверливания отверстий годится для набора бус, колье, браслетов.

Мутный, невзрачный трещиноватый аквамарин, непригодный для ювелирных изделий и украшений без оправы, будет отнесён к техническому сорту и при необходимости использован для получения бериллия и его соединений.

Во всём мире, в том числе и в России, золото и драгоценные камни перестали быть предметами валютного достояния стран. Они выведены из-под валютного регулирования. Но ювелирные камни, несмотря на то, что они перестали относиться к активам Центрального банка Российской Федерации, традиционно остаются мерилом валютного достояния. Более того, ювелирные камни, даже такие, как аквамарин, становятся объектами инвестирования в связи с неуклонным ростом их цен [Юргенсон, 1995]. В настоящее время на основе международных соглашений все названия ювелирных камней строго регламентированы и использование других названий, кроме указанных в табл. 1, не допускается в торговой и специальной литературе.

Таблица 1

Ювелирные камни [по: CIBJO, 1993]

Минеральный вид	*Разновидность*	*Коммерческое название*
Азурит	Азурит	Азурит (чессилит)
–		Медная лазурь
		Азурит-малахит
Аксинит	Аксинит	Аксинит
Алмаз	Алмаз	Алмаз
Амблигонит	Амблигонит	Амблигонит
Монтебразит	Монтебразит	Монтебразит
Амфиболы (группа)		
Актинолит	Актинолит, нефрит	Нефрит, нефрит-жад

Антофиллит, жедрит	Антофиллит, жедрит	Нумит
Тремолит	Тремолит	Тремолит
Андалузит	Андалузит	Андалузит
	Хиастолит	Хиастолит, крестовый камень
Апатит	Апатит (все цвета)	Апатит (все цвета)
Арагонит	Арагонит, аммолит	Арагонит, аммолит
Бенитоит	Бенитоит	Бенитоит
Берилл	Изумруд (зелёный цвет – Cr)	Изумруд
	Аквамарин	Аквамарин
	Гошенит	Бесцветный берилл
	Берилл (все цвета)	Жёлтый берилл
		Золотистый берилл, гелиодор
		Зелёный берилл
		Розовый берилл, морганит
Бериллонит	Бериллонит	Бериллонит
Бирюза	Бирюза	Бирюза
Бразилианит	Бразилианит	Бразилианит
Варисцит		Варисцит
Везувиан		Везувиан, идократ
Вердит	Вердит	Вердит
Гематит	Гематит	
Гипс	Гипс, алебастр	Гипс, алебастр
Гранаты (группа)		
Альмандин	Альмандин	Гранат, альмандин
		Гранат, родолит
Андрадит	Андрадит	Гранат, андрадит
	Демантоид	Гранат, демантоид
	Меланит	Гранат, меланит
Гроссуляр	Гроссуляр	Гранат, гроссуляр (различного цвета)
		Гранат, хромгроссуляр
		Тсаволит, тсаворит
	Гессонит	Гранат, гессонит
Пироп	Пироп	Гранат, пироп
Спессартин	Спессартин	Гранат, спессартин
		Спессартит[1]
Уваровит	Уваровит	Гранат, уваровит
Дамбурит	Дамбурит	Дамбурит[2]
Датолит	Датолит	Датолит
Диаспор	Диаспор	Диаспор
Диоптаз	Диоптаз	Диоптаз[3]
Дюмортьерит	Дюмортьерит	Дюмортьерит
Идократ (см. везувиан)	Идократ	Идократ
Кальцит	Кальцит	Кальцит
Касситерит	Касситерит	Касситерит
Кварц макрокристаллический	Аметист	Аметист
	Аметист двуцветный	Аметрин
	Коричневый кварц	Коричневый кварц

Продолжение табл. 1

Минеральный вид	*Разновидность*	*Коммерческое название*
	Цитрин (жёлтый кварц)	Цитрин (жёлтый кварц)
	Зелёный кварц	Зелёный кварц, празиолит
	Морион	Морион
	Горный хрусталь	Горный хрусталь
	Розовый кварц	Розовый кварц
	Дымчатый кварц	Дымчатый кварц[4]
Кварц микрокристаллический (криптокристаллический, скрытокристаллический)	Агат	Агат (все цвета) Ленточный агат Огненный агат
		Оникс Сардоникс
	Кварц-авантюрин	Кварц-авантюрин
	Голубой кварц	Голубой кварц
	Халцедон	Халцедон
	Хризопраз (натуральный зелёный халцедон)	Хризопраз
	Карнеол	Карнеол
	Гелиотроп	Гелиотроп, кровяная яшма
	Яшма	Яшма
		Пестроцветная яшма
		Фарфоровидная яшма
		Силекс
	Моховой агат	Моховой агат
	Дендритовый агат	Дендритовый агат
	Празем	Празем
	Кварцевый кошачий глаз	Кварцевый кошачий глаз
	Кварцевый соколиный глаз	Кварцевый соколиный глаз
	Кварцевый тигровый глаз	Кварцевый тигровый глаз
		Тигровый глаз
	Фиолетовый кварц	Фиолетовый кварц
Кианит	Кианит	Кианит, дистен
Кордиерит	Кордиерит	Кордиерит
		Иолит
Корнерупин	Корнерупин	Корнерупин
Корунд	Рубин (красный цвет – Cr)	Рубин Звёздчатый рубин
	Сапфир (синий)	Звёздчатый сапфир
		Сапфировый кошачий глаз
	Корунд (все цвета, кроме красного и синего)	Сапфир, или корунд, с обозначением цвета
		Падпараджа (оранжевый)
		Чёрный звёздчатый сапфир и т. д.
Лазулит	Лазулит	Лазулит
Лазурит	Лазурит	Лазурит

		Ляпис-лазурь
		Ляпис
Малахит	Малахит	Малахит
Марказит	Марказит	Марказит
Обсидиан	Обсидиан	Обсидиан (вулканическое стекло)
Оливин	Перидот	Перидот
Опал	Опал	Опал (различного цвета)
		Чёрный опал
		Огненный опал
		Опал-арлекин
		Моховой опал, празопал
		Опаловая матрица
		Водяной опал
		Деревянистый опал
Пирит	Пирит	Пирит (марказит)
Пироксены (группа)		
Диопсид	Диопсид	Диопсид
		Звездчатый диопсид
Энстатит-гиперстен	Энстатит-гиперстен	Энстатит-гиперстен
Жадеит	Жадеит	Жадеит, жадеит-жад (различного цвета)
		Хлормеланит
		Мау-сит-сит
		Альбит-жадеит
Сподумен	Сподумен (все цвета)	Сподумен (все цвета)
	Кунцит	Кунцит
	Гидденит (зелёный цвет – Cr)	Гидденит
Пирофиллит	Пирофиллит	Пирофиллит
Полевые шпаты (группа)		
Альбит	Альбит	Альбит-жадеит
Лабрадорит	Лабрадорит	Лабрадорит, спектролит
Микроклин	Амазонит	Амазонит, микроклин
Олигоклаз	Олигоклаз	Авантюриновый шпат
		Солнечный камень
Ортоклаз	Ортоклаз	Ортоклаз (жёлтый)
	Адуляр	Лунный камень
Пренит	Пренит	Пренит
Пурпурит	Пурпурит	Пурпурит
Родонит	Родонит	Родонит
Родохрозит	Родохрозит	Родохрозит
Серпентин	Серпентин	Серпентин
	Антигорит	Антигорит, бовенит
	Хризотил	Хризотил
	Лизардит	Лизардит
		Офикальцит
		Мрамор Каннемара
		Верд-антик
Серпентин		Вильямсит
Сингалит	Сингалит	Сингалит
Скаполит	Скаполит	Скаполит
Смитсонит	Смитсонит	Смитсонит, бонамит

ЗАБАЙКАЛЬСКАЯ КРАЕВАЯ БИБЛИОТЕКА им. А.С. Пушкина

Г. О. 18913

Окончание табл. 1

Минеральный вид	*Разновидность*	*Коммерческое название*
Содалит	Содалит	Содалит
Сфалерит	Сфалерит	Сфалерит, цинковая обманка
Тальк	Стеатит	Стеатит, мыльный камень
Таффеит	Таффеит	Таффеит
Титанит	Сфен, титанит	Сфен, титанит
Топаз	Топаз	Топаз (все цвета)
Турмалин	Турмалин (все цвета)	Турмалин (все цвета)
		Ахроит
		Хром-турмалин
		Дравит
		Индиголит
		Рубеллит
		Турмалиновый кошачий глаз
Тугтупит	Тугтупит	Тугтупит
Флюорит (плавиковый шпат)	Флюорит (плавиковый шпат)	Флюорит (плавиковый шпат)
Хризоберилл	Хризоберилл	Хризоберилл
	Хризобериллловый кошачий глаз	Хризобериллловый кошачий глаз
	Александрит (отчётливое изменение цвета – Cr)	Александрит
	Александритовый кошачий глаз	Александритовый кошачий глаз
Хризоколла	Хризоколла	Хризоколла
Церуссит	Церуссит	Церуссит
Циркон	Циркон (все цвета)	Циркон (все цвета)
Цоизит	Цоизит (все цвета)	Цоизит (все цвета)
		Танзанит (синий)
	Тулит	Тулит
Чароит	Чароит	Чароит
Шпинель	Шпинель (все цвета)	Шпинель (все цвета)
	Ганит	Ганит
		Ганошпинель
	Плеонаст	Плеонаст, чёрная шпинель
Эвклаз	Эвклаз	Эвклаз
Эпидот	Эпидот	Эпидот

Примечание автора: 1 – название спессартит использовать даже в коммерции не целесообразно, т. к. в петрографии узаконено использование этого термина для обозначения рогово-обманкового лампрофира; 2 – боросиликат, который назван дамбуритом, на самом деле называется данбурит, поэтому это название ошибочно; 3 – диоптаз – ярко-изумрудно-зелёный силикат меди, пропущен; 4 – дымчатым кварцем рекомендовано называть кварц, ранее называвшийся раухтопазом.

ГЛАВА 2. ИЗ ИСТОРИИ ОТКРЫТИЙ И ИЗУЧЕНИЯ КАМНЕСАМОЦВЕТНОГО СЫРЬЯ В ЗАБАЙКАЛЬЕ

2.1. Общие положения

Забайкалье представляет собой один из уникальных регионов земного шара по сочетанию геологических ситуаций, порождающих многообразие месторождений полезных ископаемых. Оно находится в зоне сочленения Сибирской и Китайской платформ, простирающейся на огромном пространстве. Забайкалье включает крупные части Восточно-Саянской, Прибайкальско-Баргузинской, Алданской, Селенгино-Становой и Монголо-Забайкальской минерагенических провинций, естественными границами которых являются Главная Саянская, Монголо-Охотская, Становая и Абчадская зоны глубинных разломов (см. рис. 3).

Большое, ещё далеко не познанное, рудогенерирующее значение имеет выделенный академиком А. Е. Ферсманом Монголо-Охотский пояс, на который нанизаны сотни различных месторождений. Именно с ним и его западным продолжением связаны месторождения вольфрама, олова, золота, флюорита, бериллия, тантала и других ценнейших полезных ископаемых. Начинаясь на северо-западе Монголии, через Байкал, долину Муи и далее на северо-восток проходит другая планетарная структура – зона Байкальского рифта. С нею сопряжены огромные месторождения меди (Удокан), железа, титана и ванадия с медью и платиноидами (Чинейское), ниобия, циркония, редких земель и криолита (Катугинское), каменных углей (Апсатское, Читкандинское, Нерюнгринское). Есть здесь золото, алюминиевые и фосфорные руды, к северу от неё в долине Чары – экзотическое месторождение чароита – Сиреневый Камень, а в бассейне Алдана – Алданская хрусталеносная провинция.

С этими крупнейшими структурами Азии, определяющими главные события геологической истории Забайкалья, связаны и месторождения самоцветов. Палитра ювелирных и поделочных камней региона красочна и многогранна.

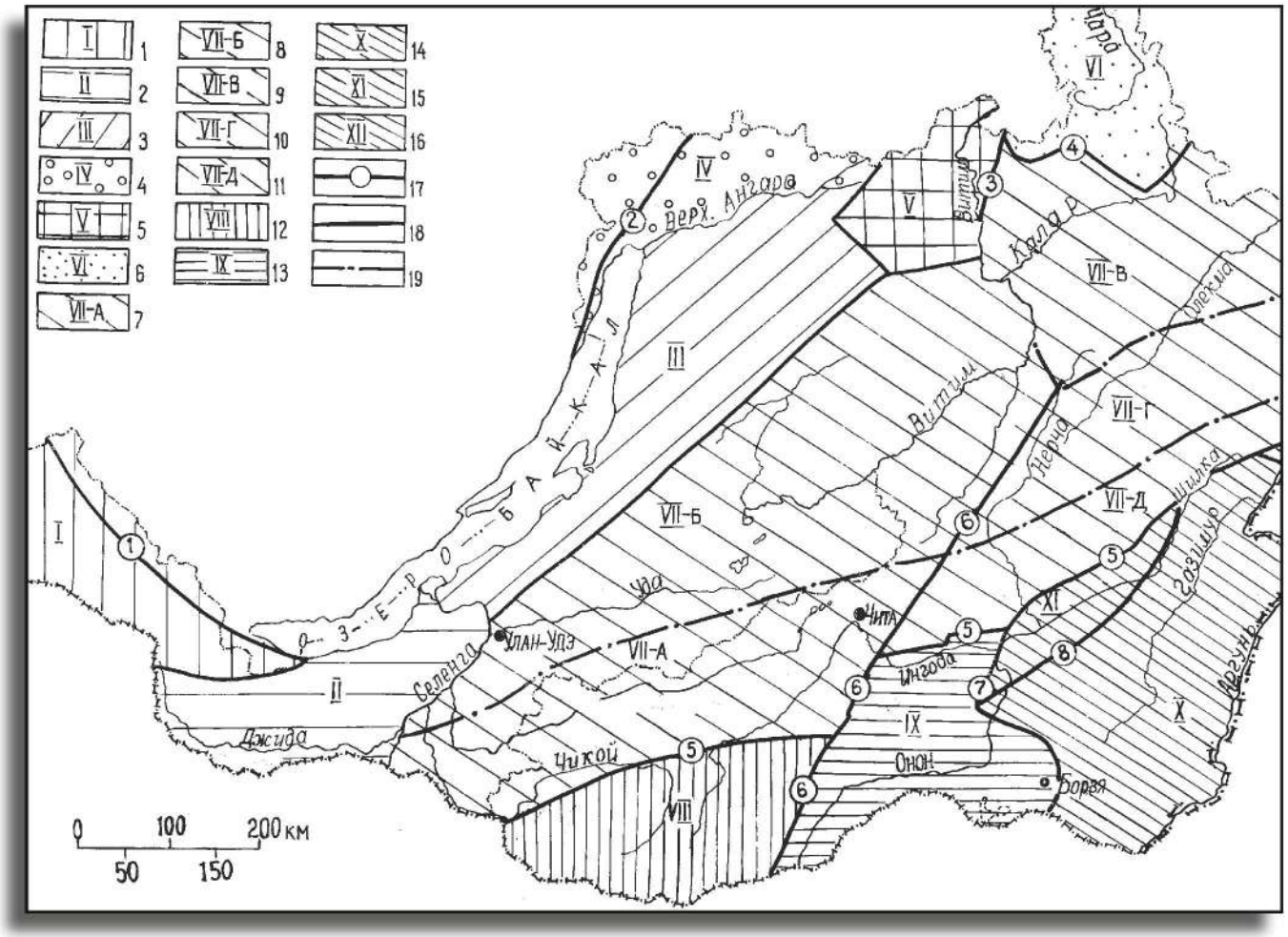


Рис. 3. Схема структурного районирования региона [по: В. И. Сизых и др., 1980; Геологическое строение... , 1997; Давыдов и др., 1981 и др.]: 1–16 – зоны и подзоны: зоны – I – Восточно-Саянская, II – Хамар-Дабанская, III – Баргузинская, IV – Прибайкальская, V – Муйская, VI – Кодаро-Удоканская, VII – Селенгино-Становая; подзоны – Селенгинская совместно с Хилок-Ингодинской (VII-А), Удино-Витимская (VII-Б), Каларская (VII-В), Западно-Становая (VII-Г), Пришилкинская (VII-Д), VIII – Хэнтэй-Даурская, IX – Агинская, X – Аргунская, XI – Западно-Борщовочный блок Аргунской зоны, XII – Верхне-Амурская; 17 – глубинные разломы: 1 – Главный Саянский, 2 – Абчадский, 3 – Витимо-Нечерский, 4 – Каларский (Становой), 5 – Монголо-Охотский, 6 – Ононо-Туринский, 7 – Восточно-Агинский, 8 – Южно-Борщовочный, 18, 19 – границы: 18 – зон, 19 – подзон

2.2. Первые сведения

Обработанные как орудия труда и продукты технологических процессов переработки камни, в частности халцедон (празем, сердолик, агат, оникс), обсидиан, яшма, дымчатый кварц, горный хрусталь, топаз, берилл, нефрит и другие ювелирные и поделочные камни, широко известны из захоронений и стоянок палеолита и других эпох, оставшиеся как свидетельства жизни и деятельности древнего человека на территории Забайкалья. Уже в эпоху палеолита человек умел обрабатывать и использовать камень, как в виде орудий труда и охоты, так и для сакральных целей и в качестве украшений. Реализовать это без определённой суммы знаний и опыта было невозможно. Поэтому некоторые начала геммологии как части технологической археоминерагении следует усматривать уже в палеолите-неолите [Юргенсон, Мороз, 2006; 2011]. В связи с тем, что вблизи от обнаруженных на территории Забайкалья к началу XXI в. стоянок древнего человека очень мало высококачественного агат-халцедонового, яшмового и кремневого сырья, человек был вынужден использовать другие горные породы и приспособить к ним привычные технологии обработки камня для изготовления орудий.

2.3. Открытие основных камнесамоцветных провинций в Забайкалье

Восточное Забайкалье уже с первой половины XVIII в. стало известно как важный источник аквамарина, высоко ценившегося в Европе, топаза, яшмы, цветных агатов и аметиста. На территории Забайкалья наиболее ранние конкретные сведения о находках ювелирных и поделочных камней относятся к первой четверти XVIII в., когда в 1717 г. были добыты первые яшмы и агаты, а в 1723 г. Иваном Гурковым на Шерловой Горе, называвшейся тогда Адун-Челоном, открыты кристаллы аквамарина, ювелирная ценность которых в 1725 г. доказана учеником огранщика Иваном Ивановым. Сведения о месторождениях ювелирных камней из Забайкалья появляются в Европе после опубликования в 1788 г. отчёта П. С. Палласа о путешествии в Сибирь. Паллас произвёл исследование зелёных и голубовато-зелёных бериллов Шерловой Горы и убедился в отсутствии у них свойства пьезоэлектриков, характерных для зелёных и голубых турмалинов. Первые описания свойств и состава шерловогорских аквамаринов были сделаны и опубликованы И. И. Биндгеймом в 1790 г. и Е. Патреном в 1791 г. [J. Bindheim, 1790; Patrin, 1791]. Тогда же были описаны первые дауриты, или сибириты, – красные турмалины – с Борщовочного кряжа [Pallas, 1793]. Описание ювелирных разновидностей халцедонов (сердолика, агатов), а также кахолонга впервые сделано Палласом [Юргенсон и др., 2011; Юргенсон, 2012]. С конца XVIII в. известны серо-голубые агаты и огромные, до 30 см, шары-миндалины, содержащие жеоды аметиста, аметистовидного и дымчатого кварца, а также горного хрусталя Мулиной Горы.

Самоцветы Шерловой Горы находятся в центре внимания исследователей на протяжении XVIII–XXI вв. Их изучение выполнено крупнейшими учёными – знатоками ювелирных камней России, работавшими в Забайкалье. Формы, окраска, размеры и дефектность кристаллов берилла Шерловой Горы, Адун-Челона и Борщовочного кряжа приведены в известных сводках А. И. Кулибина [1829], Н. И. Кокшарова [1853, 1866], В. Титова [1855], П. В. Еремеева, П. П. Сущинского [1925]. Топазы Борщовочного кряжа описаны Н. И. Кокшаровым [1856], А. О. Озерским [1846], А. Е. Ферсманом [1926, 1933, 1941] и другими исследователями. Уже в то время были подмечены главные особенности кристаллов топаза и берилла различных месторождений Забайкалья. Берилл и цветной турмалин описан в неопублико-

ванных материалах М. Портнягина, открывшего Савватеевское месторождение и разрабатывавшего его для нужд Екатеринбургской гранильной фабрики (1847–1848).

С открытием пегматитов с самоцветами в Борщовочном кряже и Адун-Челоне в Европу хлынул поток не только аквамарина и ценнейшего винно-жёлтого топаза, но и великолепных рубеллитов, получивших символическое название дауритов. Открытие Г. М. Пермикиным в середине XIX в. восточно-саянских промышленных скоплений нефрита стало важнейшим событием в познании богатств Сибири. К началу XX в. большинство известных месторождений было отработано с поверхности.

2.4. Советский период планомерных исследований на камнесамоцветное сырьё

В 20-е гг. XX в. А. Е. Ферсманом составлена классическая сводка «Месторождения драгоценных и цветных камней СССР», в которой были сведены практически все сведения о самоцветах территории Забайкалья, Западного Прибайкалья и Восточного Саяна.

А. Е. Ферсман к 1919 г. подготовил цикл лекций «Самоцветы России», изданный в 1921 г. В нём он впервые дал относительно полную историко-географическую и геммолого-минералогическую сводку о месторождениях самоцветов Забайкалья. Затем она была переиздана в 1962 г. [Ферсман, 1962]. Цветные турмалины Кангинского поля в Западной части Борщовочного хребта как кристаллосырьё для ювелирных и пьезоизделий изучали академик А. В. Шубников (1935), С. П. Ершов (1935), Г. В. Меркулова (1935–1937), Л. Н. Черник (1955) и др.

Естественно, что за годы советской власти, особенно с момента организации 6-го Главного управления Министерства геологии и охраны недр, а затем в рамках Всесоюзного объединения «Союзкварцсамоцветы» в Мингео СССР на всей территории страны, включая и Забайкалье, открыто множество месторождений, проявлений и минералогических находок камнесамоцветного сырья. Обобщение новых данных для всей страны систематически проводилось в научно-производственном аспекте в экспедиции «Центркварцсамоцветы» под руководством Е. Я. Киевленко. Но в этих обобщениях, зачастую не доступных широкой геологической общественности, а также в широко известных его учебных монографиях, написанных в соавторстве с Н. Н. Сенкевичем, А. П. Гавриловым и другими в 1980-х гг. [Киевленко, Сенкевич, 1983; Киевленко, Сенкевич, Гаврилов, 1982; Киевленко, Чупров, Драмтева, 1987], далеко не полно нашло отражение всё многообразие месторождений самоцветов региона.

Несмотря на чрезвычайно широкий диапазон обследованных в регионе территорий, главное внимание уделялось исторически известным объектам и площадям, что оправдывается их действительно большими перспективами. Однако уже первые находки нефрита формации апокарбонатных метасоматитов и связанных с ними жил в бассейне Витима показали чрезвычайно большой эффект от расширения территорий исследований. В этом отношении кажущаяся белым пятном Яблоново-Становая минерагеническая провинция должна стать объектом самого пристального изучения. Это же относится и к слабо изученной Пришилкинской зоне, где в известной археологам Шилкинской пещере найдены изделия из нефрита, принадлежавшие людям, жившим в эпоху неолита.

Месторождения берилла, прежде всего условия его образования, описаны А. А. Беусом [1960], который выявил последовательность образования кристаллов

берилла различной окраски и появления аквамаринов и жёлтых бериллов-гелиодоров. Профессор Ленинградского государственного университета В. Ф. Барабанов [1975], изучавший месторождения вольфрама Забайкалья, дал сводку ювелирных камней этих месторождений. Он впервые использовал современные инструментальные методы для изучения берилла, кварца и топаза Шерловой Горы и других месторождений. Важнейшим признаком качества и соответствия кондициям кристаллов ювелирных камней является однородность распределения и интенсивность их окраски. Барабанов вслед за А. Е. Ферсманом провёл изучение природы окраски аквамарина и причин её зонального распределения, увязав с содержанием железа.

В послевоенные годы, в 1945–1970 гг. периодически проводились поисковые работы не только в Борщовочном кряже, но и в бассейне р. Менза, где в крупной пегматитоносной полосе были открыты Водораздельное (Игнатьевское) месторождение розового берилла – воробьевита и полихромного турмалина, а также пегматиты с ювелирными разностями кварца (месторождение Анги, частично выработанное в конце 1940-х – начале 1950-х гг.).

В 1970–1980-е гг. в результате планомерных геологосъёмочных работ на территории Забайкалья были обнаружены проявления синей и сиреневой шпинели, сапфира, нефрита [Секерин и др., 1977; Секерина, 1996], граната и других ювелирных камней. В начале 1980-х гг. геологами Сосновской экспедиции в Малханском хребте открыто одноимённое пегматитовое поле с широко развитым цветным турмалином. Малханское месторождение ювелирного турмалина – крупнейшее в России и единственное, где разведаны высокие категории запасов. В 1990-е гг. Байкало-Саянской экспедицией «Байкалкварцсамоцветы» произведена переоценка на цветные камни массива Адун-Челон и Шерловогорского гранитного массива. Доказано их промышленное значение. В 1996–1998 гг. (Г. А. Юргенсон, Т. Н. Юргенсон, 1996 г.; Г. А. Юргенсон, 1998 г.) изучены технологические свойства камнесамоцветного сырья многих месторождений Забайкалья и дана их прогнозная оценка. Выделены Забайкальско-Монгольская агатоносная, а также Южно-Забайкальская и Северо-Восточно-Забайкальская хрусталеносные провинции. В 1992–1995 гг. в Привитимье открыты первые огненные опалы. Ещё в 50-е гг. XX столетия на севере Забайкалья, в Кодаро-Удоканской зоне, были обнаружены первые кристаллики алмазов. Ю. А. Алексеевым выделена новая алмазоносная провинция, а М. Д. Скурским [1996] рассмотрены перспективы Забайкалья на это ценное сырьё. В результате магнитометрических исследований в Олондинском троге и Березовском прогибе выявлены округлые и эллипсовидные магнитные аномалии, свидетельствующие о возможных скрытых под наносами четвертичных отложений кимберлитовых трубок. Во всяком случае, уже в то время были найдены кимберлиты. Имеются предпосылки для прогнозирования месторождений лазурита и чароита, хризолита, шпинели, изумруда и александрита. В Пришилкинской зоне прогнозируются месторождения нефрита.

В 1950-х гг. В. А. Дворкиным-Самарским и другими в Абчадской зоне открыта целая провинция редкоземельных амазонитовых пегматитов. В этой же зоне на территории Иркутской области открыто Супруновское месторождение аквамарина. В 1978 г. Туговик делает заявку на открытие в бассейне р. Бартой хризолита и пиропа в трахибазальтах плейстоценового возраста. Во время экспедиции «Байкалкварцсамоцветы» (В. И. Беляевский, В. А. Собачинский, А. В. Татаринов, Б. Н. Юдин и др.) установили промышленную ценность объекта.

Из известных к концу XX в. более 880 находок, проявлений и месторождений камнесамоцветного сырья на изучаемой территории по четырём видам ограночного сырья имеются объекты категории промышленных месторождений. Это ме-

сторождения группы берилла (аквамарин, гелиодор, воробьевит), турмалина (рубеллит, верделит, дравит, полихромный турмалин), топаза и горного хрусталя (дымчатый кварц, морион, горный хрусталь). К ним относятся Шерловая Гора и Адун-Челон, пегматиты Борщовочного кряжа, Савватеевское, Моховое, Кангинское, Малханское и Водораздельное. К категории промышленных месторождений отнесено более десятка нефритоносных объектов (Оспинское, Зуноспинское, Горлыкгольское, Уланходинское, Хохюртовское, Буромское, Голюбинское и др.). Среди объектов агат-халцедонового сырья его качеством и запасами выделяется Тулдунское месторождение. Как перспективные выделены объекты, претендующие на перевод в разряд месторождений. Это прежде всего Дунда-Агинская вулканическая постройка, где известны крупные миндалины высококачественного ювелирно-поделочного агата и халцедона, поля развития серо-голубых агатов Мулиной Горы, бассейна р. Шивычи. Значительными перспективами для перевода в разряд месторождений отличается Холтуйское проявление ювелирно-поделочного хиастолита. Это же относится и к Каменному проявлению декоративного офиокальцита, Дучарскому проявлению декоративных фельзитов, исторически известных под названием яшм, амазонитовым гранитам Этыки и т. д.

Существенный вклад в изучение месторождений ограночного сырья в Забайкалье внесли геологи Байкало-Саянской геологоразведочной экспедиции «Байкалкварцсамоцветы». А. В. Татариновым проведены ревизионные работы с детальным изучением пегматитовых полей Борщовочного кряжа и показано, что представления о выработанности месторождений цветного камня, известных с XIX века, нуждаются в коррективах. С открытием в 1980 г. пегматитов с цветным турмалином в Малханском хребте изучение их проводилось В. Е. Загорским и И. С. Перетяжко (Институт геохимии СО РАН). В результате разведки и планомерных научных исследований Россия получила Малханское месторождение – крупнейший источник великолепного ювелирного и коллекционного сырья. Ювелирные камни (аквамарин, гелиодор, топаз) Шерловой Горы изучались специалистами геолого-разведочных партий экспедиции «Байкалкварцсамоцветы» Ю. И. Сычевым и др. (1976–1980) и А. И. Зуевым (1986–1990).

Успешными были работы Байкало-Саянской экспедиции в пределах традиционных нефритоносных районов Восточного Саяна и Присаянья в областях развития альпинотипных ультрабазитов, а также в бассейне р. Витим на Парамском и Шаманском массивах ультрабазитов и в полях развития тремолитоносных карбонатных пород. Выявлено два важнейших формационных типа нефритоносных пород – апогипербазитовых метасоматитов и апокарбонатных метасоматитов-тремолититов. Успехи в открытии и разведке месторождений нефрита в большой мере связаны с разработанностью теории формирования месторождений этого минерального агрегата [Грудинин, Секерин, 1977; Методические указания... , 1975, вып. 3; Секерин и др., 1977; Секерина, 1996] и особенностями размещения и локализации нефритоносных тел среди хорошо обнаженных альпинотипных ультрабазитов, располагающихся преимущественно в условиях высокогорья в пределах молодых горных сооружений (А. Н. Сутурин, Г. В. Бурмакина, 1978; А. П. Фомин, 1992 и др.).

Экспедицией «Байкалкварцсамоцветы» в 1982 г. на локализованном в трахибазальтах плейстоцена Бартойском проявлении подсчитаны запасы пиропа и хризолита в рыхлых отложениях. В результате возобновлённых с 1976 г. поисково-оценочных работ на Шерловогорском месторождении Ю. И. Сычёвым открыта жила Новая, подсчитаны запасы сырья в техногенных отложениях (В. Н. Данилов, 1993). Показано, что не исчерпаны перспективы Адун-Челона: открыто 6 новых пегматитовых тел, подсчитаны запасы в единичных телах, составлены ТЭС на продолже-

ние работ (З. И. Удовенко и др.). Подсчитаны запасы турмалина по трём жилам Малханского месторождения, выявлены новые жилы. Работами В. И. Беляевского (1992) на территории Бурятии установлены перспективы пегматитового поля Уро, где в 2000-е гг. среди кристаллов кварца-волосатика обнаружены его аметриновые разновидности. Расширены перспективы разведанного ранее и доизученного в 1968 г. Ю. И. Тулугуровым Тулдунского месторождения сердолика.

Сводки В. Ф. Рукавца и В. М. Ладаевой (1983) с картами масштаба 1 : 1 500 000 на генерализованной геологической основе, а также В. Ф. Рукавца и С. В. Мурзиной (1986) охватывают почти все известные к моменту их составления сведения о камнесамоцветном сырье Бурятии; в основе сводки – классификация цветных камней по Е. Я. Киевленко.

В обобщающей работе экспедиции «Центркварцсамоцветы» под руководством Е. Я. Киевленко [Предложения… , 1978] рассмотрены значимые месторождения дефицитных видов камнесамоцветного сырья на геолого-формационной основе и показаны геолого-структурные и петрологические формации с выделением на карте масштаба 1 : 10 000 000 для территории СССР, по сути, планетарных перспективных зон. В числе их и зоны, выделяемые в Забайкалье.

К началу 1990-х гг. особое внимание стало уделяться проблеме формационной классификации. Применительно к цветным камням рудно-формационная типизация месторождений на территории Восточной Сибири, включая Забайкалье, была выполнена А. В. Татариновым [1992]. В основу формационной типизации положена вмещающая среда, в которой могут развиваться определённые виды минеральных тел, содержащих камнесамоцветное сырьё. Выделено около 50 «рудных» камнесамоцветных формаций, частично подразделённых на минеральные типы; обоснованы новые, «прогнозируемые» формации. Будучи достаточно детальной, эта классификация, тем не менее, не охватила всего многообразия камней и геологических ситуаций их образования, известных на территории Забайкалья. В последнее время в практике рудно-формационного анализа и локального прогнозирования начинают применяться критерии, основанные на явлении типоморфизма в широком понимании этого термина.

Анализ изученности территории Восточной Сибири на камнесамоцветное сырьё показал, что имеющиеся сводки по видам камней или отдельным регионам в определённой мере устарели и не всегда отвечают современным минерагеническим представлениям. Кроме того, в результате бесконтрольности из-за недостаточной проработанности законодательных актов о недрах, соответствующих фактически складывавшимся тенденциям в недропользовании, вследствие стихийного возникновения частнопредпринимательских мелких предприятий по добыче, обработке, продаже и перепродаже цветного камня происходила хищническая старательская отработка известных месторождений и проявлений, а также вновь открываемых, но не фиксируемых.

Всё это требовало постановки специальных широкомасштабных работ, включающих: составление сводки как официально зарегистрированных, так и незарегистрированных объектов камнесамоцветного сырья, по возможности – их посещение и ревизию сохранности запасов; оценку перспектив известных и поиски новых объектов в перспективных районах; оценку площадей, благоприятных на обнаружение определённых видов камнесамоцветного сырья; разработку рудно-формационной классификации объектов, расположенных на исследованной территории; составление минерагенической карты перспективных формаций камнесамоцветного сырья масштаба 1 : 1 000 000; разработку поисково-оценочных критериев на отдельные виды камнесамоцветного сырья; определение направле-

ний ГРР на камнесамоцветное сырьё; разработку концепции развития камнерезной и ювелирной промышленности в пределах Забайкалья.

Несмотря на трудности, в процессе выполнения НИР в полном объёме проведены полевые работы, на ряде объектов выполнены горные работы для оценки параметров рудных тел и проведения технологического опробования, обнаружены новые проявления и зоны агатоносности. На 77 объектах проведены полевые работы. Из них 27 выявлено и описано впервые.

Изучение минералогии пегматитов Мензинского поля, Борщовочного кряжа, Адун-Челона и апогранитных грейзенов Шерловой Горы периодически проводилось автором в 1957–2011 гг. Геммологические особенности минералов группы берилла Шерловогорского месторождения определены на основе изучения коллекции кристаллов, включающей около 6000 экземпляров.

С организацией в Чите ЗабНИИ и минералогического направления в нём, которое с 1965 г. на протяжении более 30 лет возглавлял автор, проблема закономерностей распределения и условий образования камнесамоцветного сырья находилась в состоянии перманентного развития. Значительное продвижение в этой области связано с развитием тематики по изучению типоморфизма минеральных тел. Оно заключается в поисках связи состава и свойств минералов и их кристаллов с условиями их образования. Были выявлены условия образования различных цветовых разновидностей кристаллов кварца, таких как горный хрусталь, дымчатый кварц, цитрин и аметист. Результаты этих исследований были изложены в соответствующих монографиях [Юргенсон, 1984, 2001, 2003].

2.5. Постсоветский период

В 1992 г. лаборатория минералогии ЗабНИИ Мингео СССР преобразуется в лабораторию минералогии и геммологии, начинаются широкомасштабные исследования ювелирных и поделочных камней на территории всего Забайкалья, включая Читинскую область и Республику Бурятия. Работа выполнялась по заданию Мингео СССР при поддержке СО РАН. Однако с распадом СССР и ликвидацией союзного Министерства геологии централизованное финансирование научных исследований, в том числе и на камнесамоцветное сырьё, было прекращено. Для продолжения исследований было создано акционерное общество «Забайкальсий самоцвет», работавшее на основе хоздоговоров, а для освоения сырьевых ресурсов цветного камня в Чите организовано ЗАО «Забайкальский ювелирный завод». Отдельная работа в 1992–1993 гг. выполнена для Агинского Бурятского автономного округа, на территории которого выявлен ряд новых проявлений яшмы, халцедонов, в том числе голубых агатов, и составлена программа освоения камнесамоцветного сырья. В рамках этой тематики впервые составлена сводка и кадастр всех известных на 1995 г. месторождений и проявлений камнесамоцветного сырья Забайкалья (более 880), составлена Карта формационных типов месторождений и проявлений камнесамоцветного сырья Забайкалья масштаба 1 : 1000 000, охватывающая территорию 10 листов (O-49, O-50, N-47, N-48, N-49, N-50, M-47, M-48, M-49, M-50) и крупномасштабные врезки районов сосредоточения наиболее важных промышленных объектов. Однако незначительные средства от этих хоздоговоров не позволяли выполнять полевые исследования, и лаборатория перестала функционировать.

Обработка всех полученных данных была перенесена в Читинский институт природных ресурсов СО РАН, где, хотя и в незначительных объёмах, продолжалось государственное финансирование, которого хватало лишь на заработную плату. Тем не менее, здесь разработана новая система камнесамоцветных форма-

ций. На её основе выделены трансрегиональные Забайкальско-Монгольские агатоносная и хрусталеносная, а также Забайкальская изумрудоносная и нефритоносная провинции и спрогнозированы месторождения изумрудов и александрита, нефрита в нетрадиционных условиях его локализации, а также лазурита, родонита и чароита. Впервые разработаны поисково-оценочные критерии кондиционного сырья. Предложена новая концепция образования Шерловогорского месторождения, продуктивные минеральные тела которого рассматриваются как продукты кристаллизации специфических водосиликатных растворов-расплавов, обогащённых летучими, рудными и редкими элементами. Изучена природа окраски бериллов, особенности её проявления и распределения в конкретных группах кристаллов. Определено, что голубой цвет аквамарина обусловлен замещением бериллия на двухвалентное железо, жёлтый цвет гелиодоров связан с замещением алюминия на трёхвалентное железо. А в зелёных бериллах присутствуют оба эти дефекта структуры: зелёная окраска кристалла получается в результате взаимодействия голубого и жёлтого частей спектра. Выделены типы кристаллов аквамарина и гелиодора с продольным или поперечным распределением окраски, учёт которого необходим при выборе плоскостей ограничения заготовки для огранки камня. Геммологические исследования продолжаются в ЧИПР-ИПРЭК СО РАН, где обосновано выделение нового направления – геммологической минерагении (Yurgenson, 2003; Юргенсон, 2010, 2011). Оно успешно развивается и находит сторонников (Копырин, 2009, Пахомова, 2010 и др.). В течение последних 15 лет изучены условия образования Шерловогорского месторождения. Выявлены хромсодержащие бериллы, определены физико-химические характеристики рудообразующих флюидов [Yurgenson e. a., 2007, 2010].

В 2011 г. составлен новый вариант карты камнесамоцветного сырья Забайкальского края масштаба 1 : 1000 000 (см. рис. 4), анализ которой позволяет выявить основные региональные закономерности размещения ювелирных и поделочных камней и прогнозировать их возможные находки в новых районах.

На основе изучения закономерностей размещения месторождений и проявлений камнесамоцветного сырья выделены провинции определённых их видов и спрогонозированы территории возможного развития месторождений и проявлений нефрита, изумрудов и других камней (см. рис. 5).

С 1996 г. вследствие полного отсутствия государственного финансирования никаких геолого-разведочных работ на камнесамоцветное сырьё не ведётся. Всё, что связано с камнесамоцветным сырьём, отдано на откуп мелким частным организациям, во главе которых за редким исключением стоят финансовые авантюристы, целью которых является получение максимальной прибыли с минимальными затратами на геологическое обеспечение добычи. Практически бесконтрольно добываются многие виды сырья. Интенсивно хищнически разрабатываются уникальные месторождения нефрита в Республике Бурятия. Через таможню в Забайкальске он вывозится в Китай. При попустительстве геологических служб контроля, которые в соответствии с нормами современного российского законодательства не имеют права применения превентивных мер пресечения противозаконных действий хищников, добывается ювелирный и коллекционный берилл единственного промышленного месторождения этого сырья в России, добыт и вывезен в Китай розовый кварц месторождения Талача. После распада государственного предприятия «Байкалкварцсамоцветы» в регионе нет крупного предприятия по обработке камня. Акционерное общество «Байкалкварцсамоцветы», возникшее на месте государственного, лишь в последние годы получило возможность постепенно возрождать и расширять свою деятельность в пределах Иркутской области, где действует сравнительно большое число мелких предприятий по обработке камня.

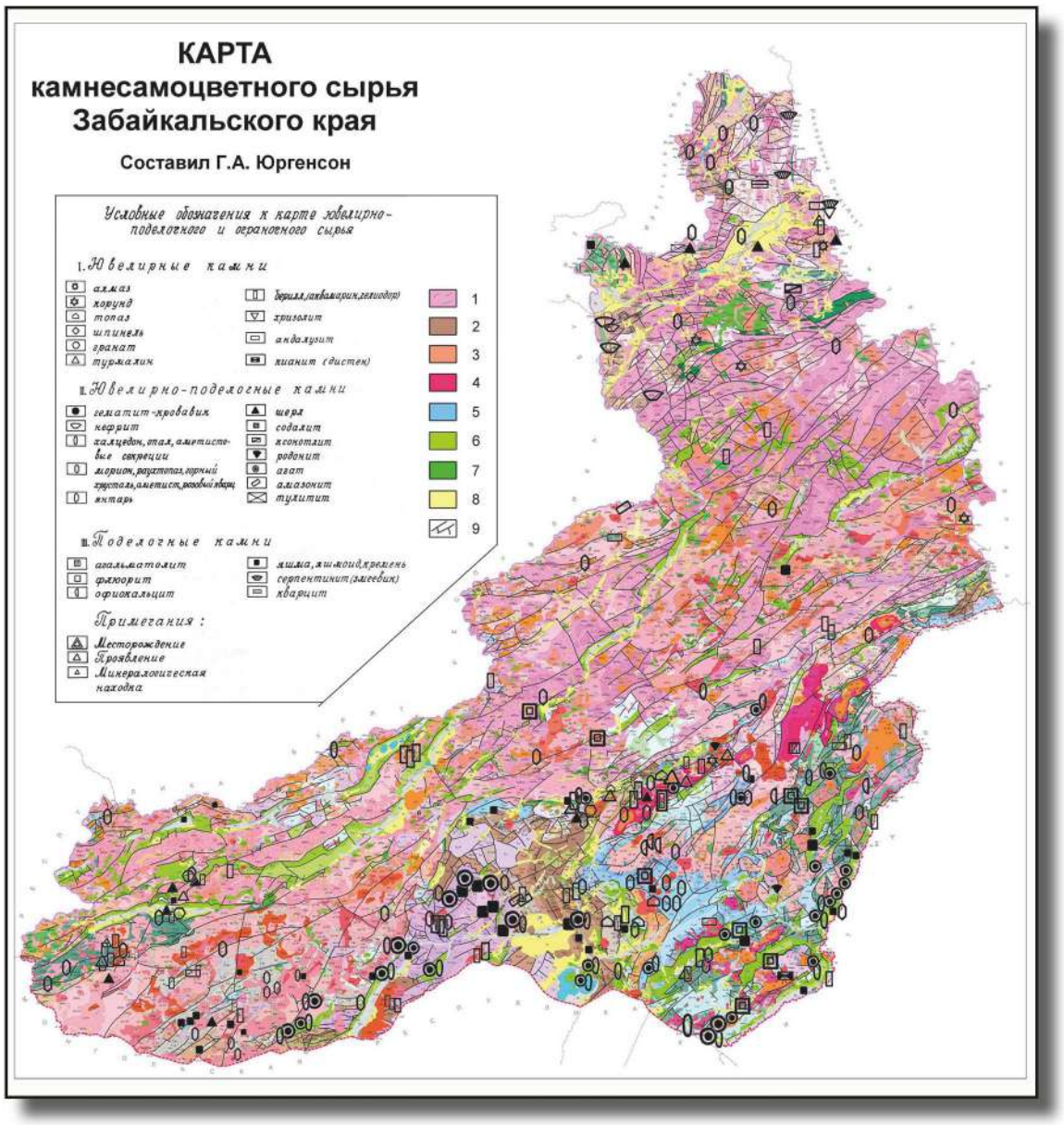


Рис. 4. Карта камнесамоцветного сырья Забайкальского края. Геологическая основа масштаба 1 : 1 000 000, составленная под редакцией И. Г. Рутштейна. Уменьшено в 6 раз:
1 – метаморфические и магматические комплексы докембрия; 2 – осадочно-метаморфические комплексы палеозоя; 3 – палеозойские магматические комплексы; 4 – гранитоиды кукульбейского, борщовочного, куналейского, амуджикано-сретенского, шахтаминского и других магматических комплексов мезозойского возраста; 5 – вулканогенно-осадочные отложения юрского возраста впадин забайкальского типа; 6 – меловые вулканогенно-осадочные отложения впадин забайкальского типа; 7 – кайнозойские вулканогенные образования; 8 – кайнозойские рыхлые отложения; 9 – разрывные тектонические нарушения

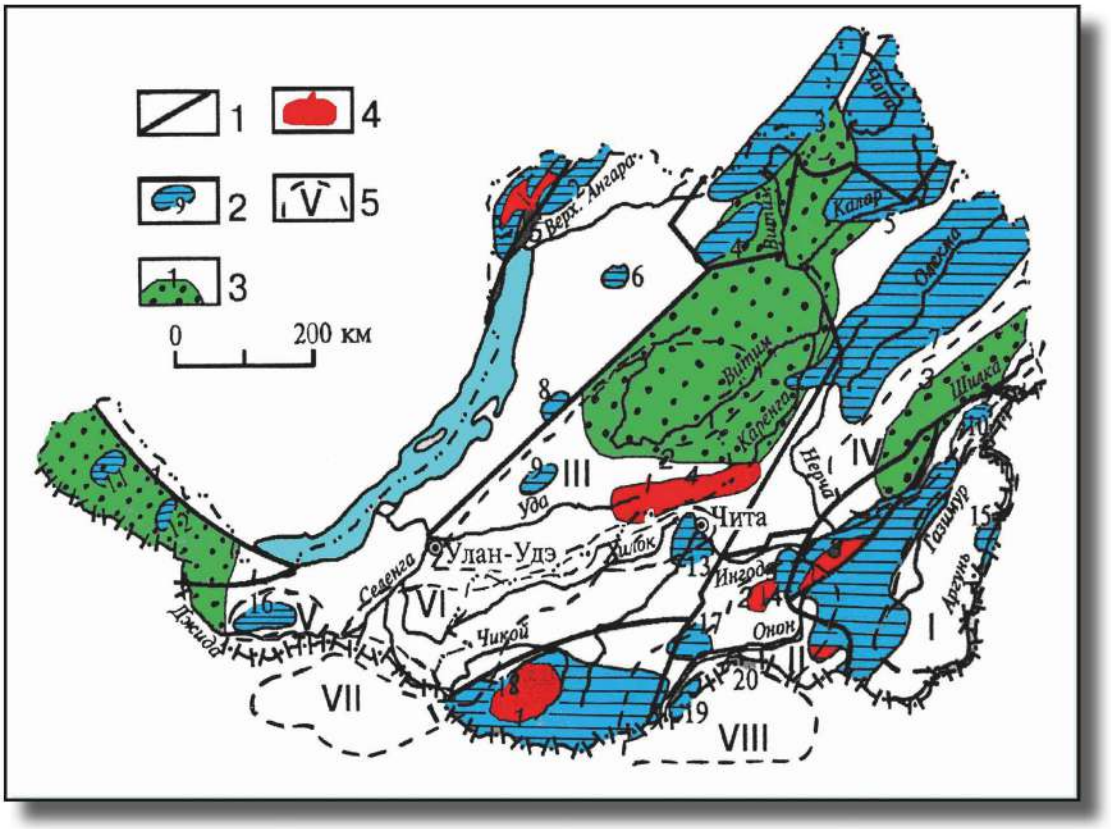


Рис. 5. Схема расположения некоторых важнейших провинций и зон камнесамоцветного сырья Забайкалья:
1 – глубинные разломы; 2–5 – зоны, провинции и их номера: 2 – хрусталеносные, 3 – нефритоносные, 4 – изумрудоносные, 5 – агатоносные

ГЛАВА 3. СВОЙСТВА ЮВЕЛИРНЫХ КАМНЕЙ

3.1. Общие сведения

Индивиды или агрегаты одних и тех же минеральных видов или разновидностей могут обладать широким спектром свойств, определяющих возможность их использования и ценность. Поэтому разработан комплекс методов для их диагностики, изучения и оценки качества. Диагностика производится обычными минералогическими методами, в основе которых формы кристаллов, цвет, твёрдость, спайность, показатели преломления и другие кристаллооптические данные, данные спектроскопии: спектрофотометрии в видимой и ИК-областях, включая рамановские спектры, рентгеновской и УФ-люминесценции. В случае необходимости используются рентгенометрические данные.

3.2. Методы определения цвета

Поскольку цвет камней является одним из важнейших их эстетических и потребительских свойств, проблема его количественного определения давно занимает как специалистов, так и наиболее любознательных людей вообще. Японские геммологи пришли к предположению о том, что человеческий глаз может различать около пяти миллионов цветовых оттенков. Но, по мнению специалистов [Луизов, 1983, 1989], нетренированный человек сможет различить до 20 000 цветовых оттенков. Всё это, скорее всего, лишь грубые и преувеличенные оценки. Более того, как показывает анализ литературы, описать словами мы можем всего несколько десятков цветовых оттенков, что для объективной характеристики цвета ювелирных и поделочных камней явно недостаточно, поскольку окраска самоцветов определяет около 50 % стоимости камня.

Например, чисто красный рубин возможен, но встречается крайне редко. Обычно он имеет оттенки — пурпурные или оранжевые. Это же можно сказать и об изумруде, который весьма редко имеет действительно зелёный цвет. Более того, наиболее отвечающие нашему представлению об изумруде камни в действительности не точно зелёные, а чаще травяно-зелёные.

Ювелиры с давних пор ощущали недостаток терминов для описания цвета использовавшихся ими камней. Поэтому они часто сравнивали цвет камня с цветом чего-нибудь широко известного людям. В древней Бирме о рубине чистого карминово-красного цвета говорили, что он имеет цвет голубиной крови. Это же относилось и к чешским, точнее, богемским пиропам. Бирюза всегда сравнивалась с небом. Более того, в обиходе стали переносить цвет бирюзы и на многие другие предметы, а также и на само небо, называемое бирюзовым. Жёлто-зелёным кальциевым гранатам, похожим на созревшие ягоды крыжовника, присвоено имя «гроссуляр», от латинского названия этого растения «гроссулярус». И если мы говорим «гроссуляр», то однозначно представляем себе цвет ягоды крыжовника. Жёлтые кристаллы кварца стали называть цитринами по аналогии с цветом цитрусовых, гелиодоры – золотистыми или лимонно-жёлтыми и чайными, а некоторые топазы называли вишнёво-красными, а жёлтые – «цвета мадеры». Серо-коричневым кристаллам кварца присвоено имя «дымчатый кварц». Старое торговое название «раухтопаз» использовать теперь в официальных документах во избежание путаницы с топазом запрещено. Дымчатый кварц с розоватым оттенком называют розово-дымчатым. Отметим, что все розовые тона произошли от названия благородного цветка – розы. Окраску перидотов или оливинов, некоторых жёлто-зелёных турмалинов-дравитов определяли как оливковую или оливково-зелёную, оливково-жёлтую по цвету плодов оливы. Многие подобные термины сохранились и по настоящее время.

Но в современной геммологии, одной из задач которой является разработка количественных объективных оценок, постепенно избавляются от привычных и поэтических определений цвета. Они традиционно сохраняются только для выделения какого-либо сорта камня, а также в обиходе и в художественной и научно-популярной литературе.

Самыми распространёнными системами оценки цвета драгоценного камня в мире являются GIA GemSet (пример VSLBG 4/4) (см. рис. 6), Gem Dialogue (пример BIG 50/30 black) и GIA Color Master (пример F 13. 59. 11).

Цвет во всех этих системах разделён на три составляющих. Первая — это собственно цвет или цветовая характеристика спектра с некоторыми добавлениями. Цвета могут смешиваться в различных пропорциях, за исключением белого, чёрного и всех серых. Вторая – это тон, то есть, интенсивность окраски: светлый — тёмный. Третья составляющая определяет чистоту цвета от примесей серого или коричневого. По этим трём параметрам и оценивается цвет любого камня. В каждой системе имеются эталоны того или иного цвета. Например, в GIA GemSet включено 324 эталона, а в Munsell Book of Color, Glossy Collection – около 1600 эталонов. Кроме того, используются цветовые оттенки.

В настоящее время в России нет эффективной системы оценки цвета драгоценных камней. Имеются только технические требования (или условия, ТУ) на топазы, турмалины и изумруды (например, «Изумруды природные обработанные. Технические условия ТУ 95.335–88»). Все эти требования были разработаны в 70-х гг. XX столетия в СССР, когда действовали государственные стандарты для государственных предприятий. Требования, или ТУ, включены в соответствующие «Методические указания по поискам и перспективной оценке месторождений ювелирных камней [Методические… , 1975–1979], соответственно, с рассматриваемыми в них камнями.

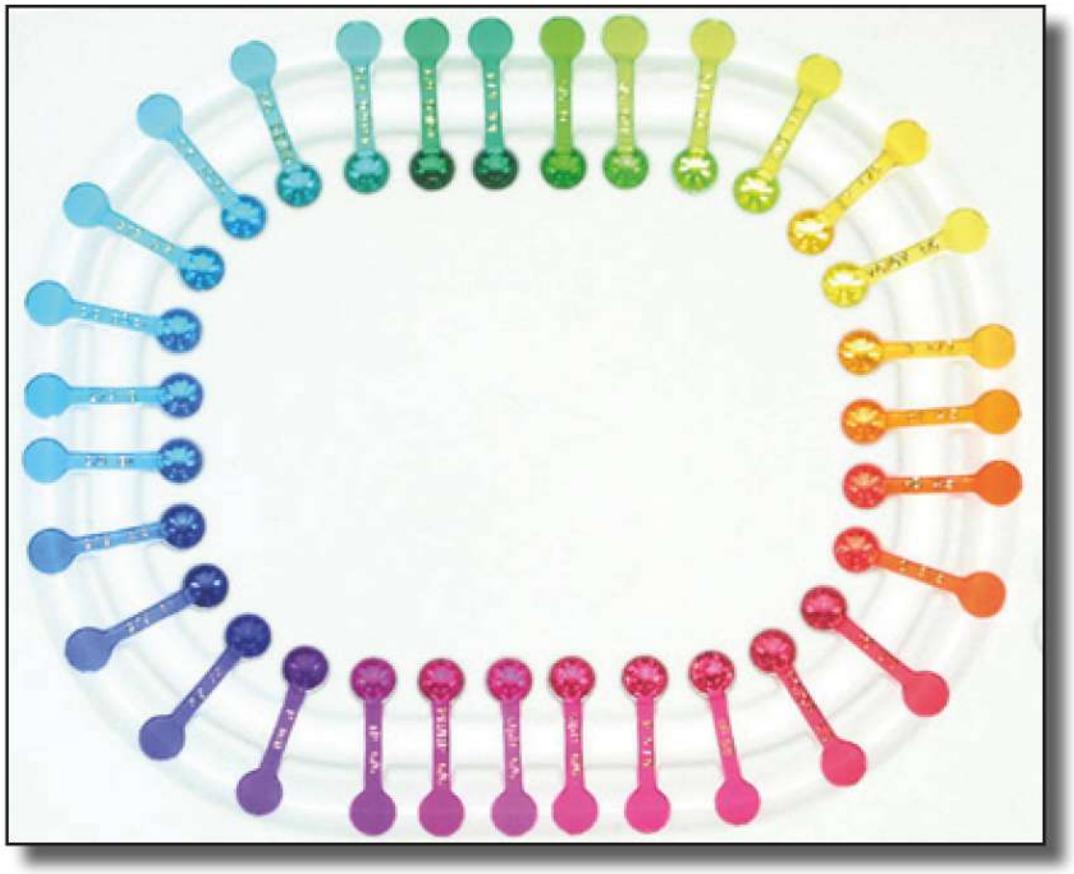


Рис. 6. Малый набор GIA GemSet

Определение цвета производится визуально невооружённым глазом при естественном освещении в помещении, через окна которого не падает прямой солнечный свет, или при искусственном освещении. Следует использовать лампы дневного света мощностью 30–40 Вт. При этом источник света должен находиться от изумруда на расстоянии не более 300 мм. Цвет определяется сравнением с эталонными образцами при просмотре изумрудов со стороны павильона. Неравномерность окраски контролируется со всех сторон.

Существующие на настоящий день эталоны цвета по ТУ на изумруды изготовлены из природных уральских камней, имеющих слабый желтоватый оттенок, поэтому определение цвета изумрудов из других месторождений не может быть достаточно точным.

В России всего три таких эталонных набора, и хранятся они в Гохране и в Малышевском рудоуправлении на Урале. А эталонов из природных камней зарубежных систем оценки цвета вообще не существует. Для турмалинов, активно добываемых из Малханского месторождения в Забайкалье, также нет эталонов. Нет их и для бериллов широчайшей цветовой гаммы [Юргенсон, 2001], незаконно добываемых на Шерловой Горе и широко используемых в России и за рубежом.

Все приведённые системы оценки цвета камней, в том числе и изумруда, основанные на визуальном сравнении цвета камня с каким-либо эталоном, не могут дать объективный результат, поскольку не учитывается слишком много факторов, влияющих на восприятие цвета человеческим глазом. К этим факторам относятся: размеры камня, наличие включений (что для ограночных камней особенно актуально), форма огранки, дихроизм, а также влияние освещения и индивидуальные особенности зрения эксперта и т. д.

Существуют системы оценки цвета на основе сравнения цвета камня с атласом, напечатанным на бумаге (см. рис. 7) или на прозрачной пленке. Такие атласы наиболее доступны. В них обычно содержится от 1000 до 3000 образцов цвета. Атласы используются в тех случаях, когда нет большой необходимости в точности определения цвета.

Рис. 7. Сравнение цвета природных изумрудов с атласом цвета, напечатанным на бумаге

Правильное определение цвета требует не только соблюдения эффективной цветовой температуры эталонного источника, но и точного воспроизведения его спектрального состава, что очень трудно технически осуществить.

Существуют и другие способы определения цвета драгоценного камня. В одном из них определение цвета производится с помощью визуального или электронного колориметра. В обоих случаях камень освещают стандартным источником света.

Для визуального определения наблюдатель сравнивает цвет камня с цветом смеси трёх излучений различных, по возможности насыщенных, цветов. Таким прибором можно измерять только те цвета, которые попадают внутрь треугольника, построенного на цветностях трёх опорных цветов. Измерение некоторых наиболее насыщенных цветов оказывается невозможным.

Наиболее оптимальным и объективным, но самым трудоёмким способом определения цвета камней является способ оптической фотометрии спектра пропускания или поглощения. При этом световой луч должен проходить через камень именно так, как это происходит при разглядывании камня. Полученный спектр (или их набор) позволяет рассчитать цветовые координаты камня для любого источника света.

Он очень важен для объективной диагностики, особенно переходов от относительно дешёвого зелёного берилла, окраска которого может быть связана с замещением бериллия на двухвалентное железо, а алюминия на трёхвалентное, к желтовато-зелёному или голубовато-зелёному изумруду. В последнем всегда присутствует трёхвалентный хром, замещающий алюминий. Проще всего можно однозначно отличить изумруд от зелёных бериллов по спектрам оптического поглощения.

Основой для оптико-спектроскопических исследований прозрачных минералов (ограночных ювелирных камней) являются оптические спектры поглощения. Они отображают характер и результат взаимодействия кристаллической структуры минерала в целом и оптически активных центров, в частности, с излучением оптического электромагнитного спектра (диапазон 180–2500 нм). На оптических

спектрах поглощения регистрируются ослабления интенсивности внешнего монохроматического излучения различных длин волн от ультрафиолетового (180 нм) до инфракрасного (2500 нм), последовательно проходящего через кристалл. Это ослабление связано с селективным поглощением в кристалле определённых участков оптического диапазона спектра и отображается в появлении полос и линий поглощения, слагающих спектр поглощения изучаемого камня. Максимальная информация о природе оптически активных центров может быть получена из поляризованных спектров оптического поглощения. Поэтому совершенные кристаллы небольшой величины целесообразно изучать, монтируя их на столике и ориентируя относительно кристаллографических осей. Из крупных кристаллов следует делать полированные препараты в виде кубиков или параллелепипедов, грани которых должны быть параллельны основным кристаллографическим осям или осям оптической индикатрисы.

Для съёмки оптических спектров используются двухлучевые регистрирующие спектрофотометры с выходом на компьютер с использованием соответствующих программ обработки и распечатки спектров. Из отечественных спектрофотометров можно назвать СФ-2000, из зарубежных – американскую модель спектрофотометра Carry-500, немецкие приборы фирм «Оптон», «Цейсс», английской фирмы «Перкен-Эльмер», японской фирмы «Хитачи», прибор фирмы Philips Analitieal PU 8800 и др.

По оптическим спектрам поглощения объективно классифицируют изумруды и выделяют нижнюю границу между изумрудом и хромсодержащим бериллом. Этот способ выявления изумруда среди зелёных бериллов весьма важен и перспективен для Забайкалья, где довольно широко развиты месторождения и проявления зелёных бериллов. Они известны на Шерловой Горе, Яхактинском и Желтугинском проявлениях, в пегматитах Орловского месторождения тантала, ряде проявлений, находящихся в ультраосновных породах и продуктах их метаморфизма в связи с воздействием магматических тел.

3.3. Определение других физических констант и геммологических характеристик

Для всех камней принято выполнять следующие измерения физических констант и геммологических характеристик: 1) определение веса; 2) измерение параметров огранки (общая высота, высота короны, высота павильона, диаметр); 3) определение плотности; 4) измерение показателей преломления; 5) определение цвета по GIA GemSet; 6) определение цвета по ТУ.

Определение веса образцов в каратах и плотности методом гидростатического взвешивания рекомендуется производить на весах Sartorius MC1 Analytic AC 210S с приставкой для гидростатического взвешивания. Точность определения массы камней должна быть менее 0,01 карат. Плотность образцов также определяется до второго знака за запятой. Например, для изумруда она может варьировать от 2,63 до 2,80 г/см^3. Измерение параметров огранки может производиться с помощью измерителя Левериджа с электронной шкалой фирмы «Клио».

Показатели преломления огранённых камней измеряют на стандартном геммологическом рефрактометре фирмы «Клио», позволяющем определять показатель преломления ограненных камней в диапазоне от 1,30 до 1,81 с точностью до сотого знака за запятой. Геммологический рефрактометр (GEM-1) – является точным прибором, используемым в ювелирном деле.

Отечественной промышленностью выпускаются также портативные рефрактометры, с источником света от батареек, позволяющие определять показатель преломления огранённых камней в диапазоне от 1,30 до 1,81.

С помощью указанных рефрактометров можно определять показатели преломления также и в кристаллосырье при условии, что оно представлено относительно мелкими кристаллами или их обломками, имеющими плоские ровные грани. Для плотного соприкосновения кристалла или огранённой вставки с рефрактометром используется специальное масло.

При измерении показателей преломления кристалла надо иметь в виду, что вариации показателей преломления огранённых камней зависят от ориентации оптической оси относительно площадки и других граней, на которых проводилось измерение.

Измерение показателей преломления камней в кристаллосырье, представленном неровными обломками кристаллов, производят обычным иммерсионным методом, используя наборы жидкостей с известным показателем преломления. Иммерсионный метод заключается в сравнении показателя преломления зерна минерала с показателем преломления жидкости, в которую он погружён. Достоинством иммерсионного метода является возможность определения показателей преломления как готовых огранённых вставок камней, так и маленьких зёрен кристаллосырья размером в несколько мкм. Метод прост и не требует какой-либо сложной аппаратуры, кроме поляризационного микроскопа, предметных и покровных стёкол и набора жидкостей с известными показателями преломления.

У всех минералов, кроме тех, что образуют кристаллы, относящиеся к кубической сингонии (алмаз, гранаты, шпинели и др.), есть два направления, при движении по которым преломляется свет. То есть у них два показателя преломления. Разница между ними называется двойным лучепреломлением, или двупреломлением. Наибольшим двупреломлением обладает кальцит. Велико оно у циркона, турмалина, оливина (хризолита), железистых эпидотов. В связи с этим происходит как бы раздвоение рёбер нижних граней у гранёной вставки. Поэтому огранщик должен учитывать это при вырезании заготовки из кристалла. Двупреломление является важным диагностическим признаком минералов ювелирных кристаллов. Учёт его облегчает их диагностику.

Из геммологических признаков ювелирных камней отметим также *дисперсию показателей преломления*. Она связана с разложением белого света на спектральные составляющие при прохождении его через кристалл вследствие различия их скоростей. Дисперсия вызывает явление сверкания, или «игру», ювелирного камня. Дисперсия определяется теми же методами, что и сами показатели преломления. Максимальной дисперсией обладает ювелирный рутил (0,250), дисперсия алмаза также одна их самых больших (0,062). Далее следуют диспергирующие с ярким и эффектным проявлением игры самые редкие и замечательные из гранатов – демантоид (0,057) и топазолит (0,057). Высоким значением дисперсии отличаются также ювелирные цирконы (0,039 до 0,139), диоптаз (до 0,036), почти все гранаты (0,022–0,027). Игра и сверкание турмалинов, изумрудов и других бериллов обусловлены в основном интерференцией света.

Важным диагностическим свойством кристаллов является число оптических «осей», или направлений, в кристаллах, при движении вдоль которых луч не испытывает двойного лучепреломления. Поэтому все оптически анизотропные кристаллы, сингония которых отлична от кубической, подразделяются на оптически одноосные и оптически двуосные. К одноосным относятся кристаллы гексагональной (например, берилл, апатит, фенакит и др.), тригональной (корунд, кальцит, кварц, турмалин и др.) и тетрагональной (рутил, циркон, тугтупит

и др.) сингоний. Двуосными являются кристаллы ромбической (александрит, хризолит, андалузит и др.), моноклинной (жадеит, актинолит, кунцит и др.) и триклинной (амазонит, родонит, кианит и др.) сингоний. В свою очередь, как одноосные, так и двуосные кристаллы подразделяются на оптически положительные и оптически отрицательные (в иностранной литературе они соответственно называются фотопозитивными или фотонегативными). Эти свойства кристаллов используются наряду с другими для диагностики минералов. Для измерения этих показателей также может быть использован рефрактометр GEM-1.

Для диагностики некоторых камней и отличия их от подделок определяют цвет их *люминесценции* под действием ультрафиолетовых излучений с длиной волны 365 и 254 нм. Для диагностики и обогащения алмазов используют *рентгенлюминесценцию*.

3.4. Облагораживание камнесамоцветного сырья

Природные камни почти всегда имеют те или иные пороки, которые продавцы и ювелиры стремятся скрыть. Кроме того, многие природные камни плохо просвечивают и всегда есть желание усилить их прозрачность, бледную окраску некоторых кристаллов усилить или изменить.

С целью улучшения камня применяют следующие способы физической, химической или физико-химической обработки [CIBJO, 1993, с. 19]:

«1) облучение или бомбардировка элементарными частицами (например, алмаз, жёлтый сапфир, кунцит, топаз, турмалин); 2) искусственное изменение, включающее покрытие (например, сапфир), применение лазера для изменения включений, заполнение наружных трещин стеклом, пластиком и т. д.; 3) химическая обработка (например, окрашенный чёрный опал, окрашенные жады); 4) искусственное окрашивание с помощью масла, парафина и других окрашивающих веществ».

Многие ювелирные камни при термообработке необратимо изменяют цвет. К ним относятся янтарь, берилл (аквамарин и морганит), корунд (сапфир и рубин), кварц (цитрин, аметист, празиолит), топаз (розовый топаз), турмалин (все цвета), цоизит (синий танзанит). Бесцветные масла применяют для облагораживания изумруда, лазурита, амазонита, жадеита.

В последнее время разрабатываются методы имплантации в приповерхностную зону кристалла хромофоров, например, хрома или ванадия в готовую вставку бесцветного берилла для придания ему зелёной или голубовато-зелёной окраски.

3.5. Общие принципы обогащения и оценки камнесамоцветного сырья

Обогащение камнесамоцветного сырья производится с целью получения кондиционного материала для дальнейшей его обработки. Приёмы и методы обогащения, используемые для каждого из его видов, выбираются с учётом физических свойств тех или иных камней-самоцветов.

Подготовку к переделу руд, содержащих алмазы, производят гравитационными методами, так как плотность алмаза составляет 3,65 г/см^3. С учётом диэлектрической проницаемости 5,4–5,7 используется электростатическая сепарация. В связи с тем, что абсолютное большинство алмазов содержат примеси, создающие центры люминесценции в рентгеновских лучах, разработаны и на обогатительных

фабриках широко применяются методы извлечения светящихся (люминесцирующих) кристаллов алмазов и их обломков. Раньше для этого использовался ручной способ их извлечения. Теперь разработаны фотолюминесцентные автоматы. Алмазы обладают ещё одним уникальным свойством: они прилипают к жиру. Это позволило разработать жировые способы отделения алмазов от других сопутствующих им минералов и обломков горных пород.

Все другие самоцветы обогащают вручную, одновременно сортируя их по качественным показателям. Одним из важных признаков ювелирных камней, определяющих их стоимостную ценность и способ обработки (вручную или на специальных гранильных автоматах), являются их размеры. Для каждого из видов ювелирных камней соответствующими ГОСТами, ОСТами и ТУ определяются пределы размеров для отнесения к тому или иному сорту по размерам камней в сырье. Другими не менее важными признаками качества ограночных и некоторых ювелирных камней (бирюза, жадеит, благородный опал, агат, родонит и др.), используемых исключительно в виде кабошонов, является яркость и распределение окраски, размеры, минеральный состав и формы включений. Для опалов важна игра света, для прозрачных ограночных камней очень важным признаком является прозрачность. Для некоторых камней важным признаком качества может быть астеризм (некоторые рубины и сапфиры, турмалины, бериллы, тремолиты, андалузиты и др.). Все эти качества учитываются при сортировке и оценке кристаллосырья.

ГЛАВА 4. ГЕММОЛОГИЧЕСКАЯ МИНЕРАГЕНИЯ И РУДНОФОРМАЦИОННАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ЮВЕЛИРНЫХ КАМНЕЙ

4.1. Геммологическая минерагения

Необходимость разработки минерагенического подхода к проблеме прогноза, поисков и разведки месторождений камнесамоцветного сырья возникла в связи с истощением давно известных и легко открываемых его источников. Другая, не менее важная причина, заключается в специфике самого сырья, отличительными чертами которого являются эстетико-художественные, кристаллооптические и оптико-механические свойства. К сугубо потребительским свойствам этого сырья, определяющим его ценность, относятся: яркая цветовая гамма, неповторимые блеск и игра света, совершенство кристаллов, их редкость, возможность сочетания с драгоценными металлами, высокая твёрдость и прочность, обеспечивающие долговечность большинству из них.

Минеральные индивиды и их сообщества, обладающие этими свойствами, образуются в особых, редко возникающих и недолго сохраняющихся литолого-тектонических и физико-химических условиях. Выявление факторов, определяющих появление и сохранение этих условий, а также прогностических и поисковых критериев вероятности функционирования в них минералообразующих систем и связанных с ними месторождений самоцветов, представляет собой специфическую минерагеническую задачу.

В связи с истощением месторождений кондиционных камней в некоторых традиционных камнесамоцветных провинциях и возросшими возможностями использования для поисков камня знаний из генетической минералогии, геммология стала объектом пристального внимания минералогов. Детальное изучение природы окраски, особенностей её распределения в кристаллах, использование газово-жидких, флюидных и расплавных включений позволило выявить условия их образования в различных геологических ситуациях.

С возрастанием потребностей в пьезооптических и оптических материалах в СССР в начале 1950-х гг. создаются специальные подразделения для поисков кварца, кальцита, флюорита и турмалина. В системе Министерства промышлен-

ности средств связи СССР было создано 8-е Главное управление, преобразованное затем в 10-е Главное управление Министерства радиотехнической промышленности, в составе которого действовали специализированные экспедиции на Украине, Урале, в Восточной Сибири, на Алтае. В ведении Алтайской экспедиции находилась огромная территория, включавшая Алтай, Казахстан, Забайкалье; база её была в Усть-Каменогорске. В результате деятельности этих экспедиций открыто и изучено множество разномасштабных месторождений. Интенсивно изучался Уральский хрусталеносный пояс, открыты и изучены месторождения Кент, Ак-Джайляу и другие в Казахстане, Перекатное в Южной Якутии, месторождения Борщовочного кряжа, Адун-Челона и Зачикойской горной страны в Забайкалье. С образованием 6-го Всесоюзного главного управления, а затем объединения «Союзкварцсамоцветы», с крупными его структурами во всех важнейших регионах страны начались целенаправленные планомерные ГРР на пьезооптическое и камнесамоцветное сырьё и геологическое изучение их месторождений. Более того, определённые задания имели все геолого-съёмочные партии, ведшие государственную геологическую съёмку на территории страны.

Начала разработки поисковых признаков камней-самоцветов заложены А. Е. Ферсманом в его известных монографиях «Гранитные пегматиты» и «Геохимия», первые издания которых относятся к 1930-м гг. Позже они были переизданы и стали достоянием геологов середины XX в. [Ферсман, 1940, 1962]. Не утратили они своего значения и в современности. Дав генетическую классификацию пегматитов и определив связи их с определёнными гранитоидами, выявив условия их образования, он по сути дела заложил основы минерагенического подхода к изучению месторождений ограночных камней, связанных с пегматитами.

Это, прежде всего, разновидности берилла (аквамарин, морганит, гелиодор, изумруд, зелёный бесхромистый берилл), турмалина (рубеллит, верделит, индиголит, дравит, шерл и др.), топаза, поллуцита, кунцита, граната-спессартина, образующиеся в полостях-миаролах гранитных пегматитов и грейзенах, характеризующихся определёнными геодинамическими, геолого-структурными и термодинамическими условиями образования продуктивных минеральных ассоциаций.

Геолого-геохимические и генетические основы поисков ювелирно-поделочных камней, таких как лазурит, нефрит, родонит, заложены Д. С. Коржинским. В работах Н. П. Ермакова, А. И. Захарченко, В. С. Балицкого, И. Т. Бакуменко и других исследователей даны основы физико-химических характеристик условий образования самоцветов.

Минерагеническая составляющая современной классификации гранитных пегматитов по В. Е. Загорскому и др. [Гранитные пегматиты, 1999] соотносится с геохимическим эволюционным рядом. Однако в эволюционном ряду продуктивными на кондиционное кристаллосырьё могут быть лишь миароловые и миаролоносные пегматиты, формирующиеся в условиях низкоградиентных относительно закрытых систем [Юргенсон, 1991, 2001].

Специфика камнесамоцветного сырья, заключающаяся в том, что к нему предъявляются особые эстетико-технологические свойства, требует разработки специальных критериев поисков и оценки его месторождений. Как правило, участки месторождений, заключающих минеральные агрегаты или кристаллы, соответствующие этим свойствам, бывают невелики, а условия их образования должны обеспечивать формирование максимально однородных прозрачных кристаллов для ограночного ювелирного сырья или определённого рисунка и распределения окраски минеральных агрегатов – для ювелирно-поделочного.

С учётом того, что наиболее ценными являются кристаллы с крупными монообластями, следует разработать объективные количественные критерии диагностики минералообразующих систем с оптимальными для их роста градиентами

температур, давлений и концентраций. Последние, как известно, возможны на основе использования явления типоморфизма. Одним из критериев относительно стабильной обстановки во время роста кристаллов является градиент соотношения воды и углекислоты в кварце [Юргенсон, 1991].

Для бериллов Шерловой Горы, где широко развиты их ритмично-зональные индивиды, важным критерием прогноза ювелирных кристаллов с крупными одноцветными монообластями является отсутствие в над- и околожильном пространстве зон кварцево-флюоритового прожилкования, в которых флюорит имеет фиолетовую окраску, а кварц представлен халцедоновыми разностями. Существенное влияние на целостность и сохранность кристаллов оказывают наложенные процессы, связанные с формированием более позднего оруденения. Например, на Шерловогорском комплексном месторождении формирование наложенного оловополиметаллического оруденения сопровождалось разрывом сплошности кварцево-топазово-берилловых жил и линз с полостями, содержавшими кондиционные кристаллы дымчатого и цитринового кварца, аквамарина и топаза. Для ряда жил характерно образование постбериллового арсенопирита, рассёкшего кристаллы аквамарина. Продукты окисления арсенопирита, в частности, скородит и гидроксиды железа, усугубили ухудшение качества кристаллов. По трещинам в них проникли тончайшие плёнки этих гипергенных новообразований с образованием рыжих мутин и корок на их поверхности. Для оценки возможного отрицательного влияния мышьяковой минерализации необходим анализ геохимических аномалий в полях развития ювелирных разностей кристаллов.

Большое значение при оценке ограночного кристаллосырья имеет габитус кристаллов. Аквамарины и бериллы зелёной тональности в пределах Шерловой Горы в Забайкалье, месторождения Куу в Казахстане, Хенч и Херсканда в Афганистане [Юргенсон, 2011; Юргенсон, Измайлов, Гармаль, 1980; Юргенсон, Пасеков, 1982], Яхактинского гранитного массива на границе Забайкальского края и Республики Бурятия часто имеют тонкостолбчатый и даже игольчатый габитус кристаллов, обусловленный относительно быстрым их ростом. Размеры их по оси *a* достигают всего 2–3 мм при длине до 2–3 см. Доля таких кристаллов может составлять 50 % и более от общего их числа. Для фасетной огранки предпочтительны субизометричные кристаллы.

К настоящему времени ещё не разработаны надёжные критерии прогноза площадей развития ограночного бериллового кристаллосырья с оптимальными параметрами распределения цвета и размеров монообластей, обусловленных сплошностью и габитусом кристаллов. Наряду с минералогическими подходами к решению этой важнейшей геммологической проблемы следует использовать и развивать минерагенический аспект, заключающийся в использовании геолого-структурных и минералогенетических данных для разработки критериев прогноза площадей с кристаллосырьём, обладающим оптимальными потребительскими характеристиками [Киевленко, 2000; Критерии… , 1986; Yurgenson, 2003].

Для прогноза и оценки вероятности нахождения в той или иной камнесамоцветной провинции или минерагенической зоне кондиционных ювелирных и ювелирно-поделочных камней необходимо использовать геодинамические, геолого-структурные, литолого-петрографические, минералого-геохимические и минералогенетические признаки, позволяющие оценить глубину локализации минералообразующих систем от земной палеоповерхности, магматический и флюидный режим и его геохимическую специализацию [Беус, 1961; Гадиятов, 2005; Киевленко, 2001; Юргенсон, 1991; Yurgenson, Sucharev, 1985].

В случае прогнозирования ограночного сырья это должны быть признаки и критерии действия факторов, определяющих малые градиенты изменения скорости роста кристаллов и относительную стабильность концентраций основных

и примесных минералообразующих компонентов в относительно закрытых системах, в которых минералообразование происходит медленно вследствие их эволюционной самоорганизации. Эти системы должны быть открыты относительно обмена веществом с вмещающими горными породами только на стадии внедрения расплава или раствора-расплава, а затем закрыться. Относительно теплообмена эти системы должны быть открыты на всём протяжении минералообразования.

Для прогнозирования ювелирно-поделочного сырья, представляющего собой тонкокристаллические минеральные агрегаты с определённой равномерной или причудливо распределённой окраской (белый, зелёный, голубой нефрит, лазурит, жадеит, чароит и др.), необходимы выявление минералого-геохимических, геодинамических и других факторов, определяющих образования этих минеральных агрегатов, и разработка критериев их прогноза [Киевленко, 2001; Критерии …, 1986; Yurgenson, Sucharev, 1985]. Главным фактором, обеспечивающим образование минеральных агрегатов, характеризующихся определёнными размерами зёрен, их формой, границами, сплошностью, распределением окраски, должны быть длительность процесса их образования в условиях низких градиентов физико-химических характеристик минералообразующих систем.

В частности, для нефрита, развивающегося по серпентинитам, существенное значение имеет длина, извилистость, определённые соотношения концентраций железа и магния в индивидах и агрегатах антигоритового серпентина, а также концентраций кальция и калия в воздействующих на серпентин флюидах, порождённых гранитным расплавом, вызывающим процесс тремолитизации серпентина. При этом тонкая волокнистость кристаллов тремолита, обеспечивающая его важнейшие механические свойства, связана с высокой концентрацией растворов, определяющей относительно быстрый рост тонковолокнистых кристаллов.

Анализ состояния изученности Шерловогорского месторождения показал, что наиболее перспективными на аквамарин-топазовое оруденение являются апикальные части гранитоидной интрузии, выраженные в форме куполов. В их пределах наиболее благоприятны кварцево-топазово-берилловые грейзены, окружённые ореолами с флюоритом, содержащие кварцево-топазовые и кварцево-берилловые прожилки. Обязательно наличие комплексного геохимического ореола рассеяния бериллия и вольфрама. Благоприятны сопряжённые крутопадающие (50–80°) трещины широтного и северо-западного (330–340°) простирания; наиболее предпочтительны трещины северо-западного или субмеридионального простирания и северо-восточного падения, либо субширотного простирания и северного падения. Наиболее крупные кристаллы развиты в мощных жилах (Новиковская, Поднебесных), где возможно формирование крупных полостей. Наибольший выход ювелирных кристаллов берилла может быть из бестопазовых друз, в которых аквамарин ассоциирует с морионом и дымчатым кварцем. В верхних частях жил развит высокотемпературный флюорит, затем следует зона с топазом, в которой присутствуют бериллы гелиодоровых разновидностей, затем появляются зелёные и голубые аквамарины. Для гелиодоров типичен биотит во вмещающих порфировидных гранитах.

В связи с длительностью разработки крупных классических месторождений самоцветов, камни которых традиционно считались в Европе эталонными, образовались техногенные россыпи, содержащие не кондиционные прежде камни, появилась необходимость промышленной оценки этих россыпей. Такие россыпи возникли на старых, разрабатывавшихся тысячелетиями, месторождениях рубина Могока (Бирма, по-современному – Мьянма), изумрудов Индии, Колумбии, а также Изумрудных копей на Урале, на Шерловой Горе. В них часто находят прекрасные высококачественные камни. Основная часть оставленных в этих отвалах не-

кондиционных камней может быть облагорожена современными методами. Поэтому одними из важных в геммологической минерагении могут стать методы промышленной оценки техногенных россыпей.

В связи с высокой степенью возможности реализации инвестиций в месторождения камнесамоцветного сырья и перманентным ростом цен на него на мировом рынке, одним из важных фундаментальных направлений в минерагенических исследованиях является развитие геммологической минерагении, направленной на установление закономерностей их размещения, изучение условий образования минералов и их ассоциаций, характеризующихся ювелирными качествами, а также выявление факторов их прогноза и критериев поисков и оценки.

В результате НИР, выполненных ИПРЭК СО РАН в предыдущие годы (1995–2010), как сказано выше, составлена карта камнесамоцветного сырья Забайкальского края, выявлены наиболее общие закономерности размещения, произведён региональный прогноз и выделены изумрудоносные, нефритоносные, хрусталеносные и агатоносные провинции в регионе. Установлена высокая вероятность локального прогноза его приоритетных видов [Юргенсон, 2011]. К ним относятся ювелирные разновидности берилла (изумруд, аквамарин, гелиодор и морганит), цветной турмалин (рубеллит, индиголит, верделит и др.), топаз, кварц (горный хрусталь, аметист, морион, дымчатый кварц, цитрин), поллуцит, гамбергит, ювелирные разности андалузита, кордиерита, нефрита, чароита и других минералов.

Специфика условий образования и закономерностей размещения камнесамоцветного сырья, имеющийся опыт изучения и прогноза его месторождений [Юргенсон, 2001, 2010; Юргенсон, Измайлов, Гармаль, 1980; Юргенсон, Пасеков, 1982; Yurgenson, Sucharev, 1985; Yurgenson, 2003] свидетельствуют о необходимости выделения геммологической минерагении как специального направления в рамках общей минерагении, подходы к обоснованию которой были предприняты автором в 2003 г. и нашли последователей [Гадиятов, 2005; Копырин, Потапов, 2010; Копырин и др., 2010; Пахомова, 2010].

4.2. Руднoформационная классификация

Известные классификации месторождений камнесамоцветного сырья, разработанные А. Е. Ферсманом [1962], Е. Я. Киевленко и другими [1983, 1982], а также используемые в методических указаниях по различным видам сырья и в других официальных документах [Мильгром, Мусафронов, 1980], построены либо преимущественно по генетическому принципу (классификации А. Е. Ферсмана и Е. Я. Киевленко [1980*а*, *б*], либо по геолого-генетическим признакам. Таковы промышленно-генетические классификации большинства месторождений, приведённые в литературе [Киевленко, Сенкевич, 1983; Киевленко и др., 1982]. В основе этих классификаций учтены собственно генетические признаки и соответствующие им типы месторождений, вмещающие горные породы, морфология и минеральный состав продуктивных тел, а также признаки качества сырья. По сути дела, эти классификации являются рудно-формационными.

В общем случае указанный подход использован нами при формационной типизации объектов камнесамоцветного сырья Забайкалья. Но в отличие от классификаций Е. Я. Киевленко и других авторов, мы не сочли необходимым подразделять их на генетические группы, так как в большинстве случаев ювелирные минералы, находящиеся в коренном залегании и в россыпях, связанных с их высвобождением при разрушении вмещающих пород, имеют один и тот же генезис. Другое дело, что механизм концентрирования скоплений, которые экономически вы-

годно извлекать, нередко имеет экзогенную природу. Поэтому такие месторождения объединены в единую группу формаций коренных образований и связанных с ними россыпей. Это относится к месторождениям хризолита, корунда, граната, циркона, агатов и т. д.

В результате многолетних исследований предложена новая рудно-формационная классификация месторождений камнесамоцветного сырья (см. табл. 2), в основу которой положены как структурно-формационные, так и генетические признаки.

Таблица 2

Камнесамоцветные формации месторождений и проявлений Забайкалья

ОБЪЕКТЫ КАМНЕСАМОЦВЕТНОГО СЫРЬЯ	
Минеральный вид, горная порода	*Формация*
I. ЮВЕЛИРНЫЕ КАМНИ	
КОРУНД (сапфир, рубин)	Высокоглиноземистых метаморфитов
	Субщелочных и щелочных базальтов и связанных с ними россыпей
	Апобазитовых плагиоклазитов и слюдитов
	Апокарбонатных метасоматитов
	Россыпей
	Неясной формационной принадлежности
БЕРИЛЛ (изумруд, аквамарин, гелиодор, воробьевит), ФЕНАКИТ	Гранитных пегматитов
	Апогранитных грейзенов и связанных с ними россыпей
	Апокарбонатных грейзенов
ТОПАЗ	Гранитных пегматитов
	Апогранитных грейзенов
	Апокарбонатных грейзенов
ШПИНЕЛЬ	Апокарбонатных метасоматитов
	Россыпей
ХРИЗОЛИТ	Базальтов с включениями глубинных пород и связанных с ними россыпей
	Альпинотипных апогипербазитов
	Щелочных оливиновых базальтов и связанных с ними россыпей
	Россыпей
ГРУППА ГРАНАТА (пироп, альмандин, спессартин, гроссуляр, демантоид, родолит, гессонит, уваровит)	Гранитных пегматитов
	Апокарбонатных метасоматитов
	Кристаллических сланцев и гнейсов
	Базальтов с включениями глубинных пород и связанных с ними россыпей
	Россыпей
ТУРМАЛИН (рубеллит, индиголит, верделит, шерл, дравит)	Миароловых гранитных пегматитов
	Бесполостных редкометалльных пегматитов
	Апогранитных грейзенов
	Апокарбонатных метасоматитов
СПОДУМЕН (кунцит, трифан, гидденит)	Миароловых гранитных пегматитов
	Бесполостных редкометалльных гранитных пегматитов
КОРДИЕРИТ	Высокоглиноземистых метаморфитов
	Бесполостных редкометалльных гранитных пегматитов

Продолжение табл. 2

ОБЪЕКТЫ КАМНЕСАМОЦВЕТНОГО СЫРЬЯ	
Минеральный вид, горная порода	*Формация*
ЦИРКОН	Субщелочных гранитов и сиенитов
	Высокоглиноземистых щелочных и субщелочных базальтов
	Россыпей
АНДАЛУЗИТ, СИЛЛИМАНИТ ДИСТЕН	Высокоглиноземистых метаморфитов
РУТИЛ	Апогранитных грейзенов
	Высокоглиноземистых и титанистых метаморфитов
	Безрудных кварцевых жил
ЯНТАРЬ	Биогенно-осадочная
ГРУППА КВАРЦА (аметист, цитрин, дымчатый кварц, морион, горный хрусталь, розовый кварц)	Гранитных пегматитов
	Безрудных кварцевых жил
	Рудоносных кварцевых жил
	Малосульфидная золото-кварцевая
	Апогранитных грейзенов
	Миндалекаменных эффузивов
	Россыпей
	Флюоритово-кварцевых жил
ВЕЗУВИАН	Апокарбонатных метасоматитов
II. ЮВЕЛИРНО-ПОДЕЛОЧНЫЕ КАМНИ	
НЕФРИТ	Апогипербазитовых метасоматитов и жил
	Апобазитовых метасоматитов и жил
	Апокарбонатных метасоматитов и жил
	Россыпей
МАЛАХИТ	Кор выветривания
ГРУППА СКРЫТОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО КРЕМНЕЗЕМА (халцедон, агат, опал и их цветовые и текстурные разновидности и разности)	Аллювиальных россыпей
	Миндалекаменных эффузивов основного и среднего состава и связанных с ними эллювиально-делювиальных россыпей
	Кислых эффузивов
	Зон аргиллизации
ГЕМАТИТ-КРОВАВИК	Вулканогенно-осадочных месторождений
	Метаморфогенных железорудных месторождений
	Апокарбонатных метасоматитов
	Гематитовых жил
АМАЗОНИТ	Гранитных пегматитов
	Амазонитовых гранитов
ИРИЗИРУЮЩИЕ ПОЛЕВЫЕ ШПАТЫ	Пегматитов и гигантозернистых магматитов
РОДОНИТ	Осадочно-вулканогенных метаморфитов
	Апокарбонатных метасоматитов
	Неясной формационной принадлежности
КСОНОТЛИТ	Апокарбонатных метасоматитов (скарновая)
ПЬЕМОНТИТ	Силикатно-карбонатных метаморфитов
ТУЛИТИТ	Апокарбонатных метасоматитов
СОДАЛИТ	Щелочных магматитов

ЛАЗУЛИТ	Высокоглиноземистых метаморфитов
	Россыпей
III. ПОДЕЛОЧНЫЕ КАМНИ	
ЯШМА, ЯШМОИДЫ, КРЕМНИ	Вулканогенно-осадочных метаморфитов
	Миндалекаменных эффузивов
	Апотуфовых метасоматитов
	Апокарбонатных метасоматитов
	Кислых эффузивов
	Апотерригенных метаморфитов
	Кор выветривания и россыпей
ОФИОКАЛЬЦИТ, СЕРПЕНТИНИТ, ЛИСТВЕНИТ	Апогипербазитовых и апобазитовых метасоматитов
	Апокарбонатных метасоматитов
ФЛЮОРИТ	Сульфидно-флюоритовая
	Кварцево-флюоритовая
	Карбонатно-флюоритовая
АРАГОНИТ, МРАМОРНЫЙ ОНИКС	Низкотемпературных гидротермалитов
АГАЛЬМАТОЛИТ	Апокарбонатных метасоматитов
МАРГАНЦОВИСТЫЙ ДОЛОМИТ	Карбонатная осадочно-метаморфогенная

Впервые для целей классификации использованы данные о количественных типоморфных признаках минералов. Выделение формаций проведено на основе общности исходных минеральных тел с качественно новыми свойствами, позволяющими относить их к месторождениям камнесамоцветного сырья. Например, для корундов впервые выделяется формация высокоглиноземистых метаморфитов. При этом неважно, какова их природа – первично глинистая терригенная, терригенно-морская или вулканогенно-осадочная. Важно, что в процессе метаморфизма в изначально пересыщенной глинозёмом породе или в осадке при метаморфизме возникли достаточно крупные индивиды корунда, обладающие свойствами ювелирных камней. Это же относится к дистену, андалузиту, рутилу, яшмам, лазулиту, родониту и т. д.

Другая особенность классификации заключается в том, что среди грейзенов, с которыми связаны некоторые месторождения берилла, фенакита, топаза, выделяются формации апогранитных и апокарбонатных грейзенов. Хотя следует отметить, что некоторые из месторождений, традиционно относящиеся к апогранитным грейзенам, например, Шерловая Гора, на самом деле, как это предполагал ещё А. Е. Ферсман [1940], рассматривавший их как специфические образования постпегматитового процесса, являются продуктами кристаллизации из остаточных растворов-расплавов и на самом деле являются постмагматически изменёнными миароловыми гранитами. Миаролы в них имеют двоякую природу. Часть из них образована в результате выщелачивания полевых шпатов и слюд с образованием полостей диаметром до 0,5–2,0 см. Другая представляет собой остаточные минерализованные полости различных форм и размеров, выполненных кварцем, бериллом, топазом и другими минералами. Третья – это зоны и жилы выполнения. Все они являются продуктами кристаллизации из специфических остаточных растворов и основными источниками ювелирных камней.

Традиционно среди пегматитовых месторождений минералов групп берилла, топаза и кварца выделяются несколько промышленно-генетических типов. Нами все они отнесены к одной формации гранитных пегматитов, так как камерные, миароловые и бесполостные пегматиты являются их фациальными разновидно-

стями. Среди кунцитоносных пегматитов на территории Забайкалья присутствуют лишь бесполостные. Поэтому они и выделены в отдельную формацию. Более того, кунцитоносные миароловые пегматиты образуются, за редким исключением, в специфических условиях, отличающихся от тех, в которых встречаются бесполостные сподуменовые пегматиты. Примером формирования в Завитинском поле бесполостных сподуменовых пегматитов месторождения ювелирных камней является жила Полиминеральная, для которой характерны ювелирные турмалины, в том числе и полихромные, в ассоциации с типичными для таких пегматитов воробьевитом, лепидолитом, но практически без ювелирного сподумена. В ней не было найдено кондиционного кунцита, гидденита или трифана. Во всяком случае, в литературе они не описывались.

В целом предлагаемая в данной работе формационная классификация построена с учётом особенностей геологического субстрата, включающего известные месторождения, процессов его преобразования, физико-химических условий, обеспечивающих для ограночного сырья стабильность процесса его образования, а для ювелирно-поделочного – глубину проработки субстрата, которая обеспечивает вероятность формирования гомогенных минеральных агрегатов с определёнными структурно-текстурными свойствами, определяющими распределение окраски, и всех других их эстетических свойств.

ГЛАВА 5. ЮВЕЛИРНЫЕ КАМНИ ПРОМЫШЛЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

5.1. Общие замечания

Среди ювелирных камней на территории Забайкалья известны корунд (рубин и сапфир), шпинель, берилл (изумруд, зелёный берилл, аквамарин, гелиодор, воробьевит-морганит), турмалин (рубеллит, индиголит, верделит, дравит, шерл), топаз, гранат (пироп, спессартин, гессонит, гроссуляр), сподумен (кунцит, гидденит), андалузит, кордиерит, фенакит, оливин, кварц (аметист, горный хрусталь, дымчатый кварц, морион, цитрин, аметрин) и др. Однако существенное развитие, насколько известно, в результате геологических исследований получили лишь берилл, турмалин, топаз, горный хрусталь. К тому списку могут быть причислены ещё ювелирные сорта нефрита, огненный опал и редко встречающиеся шпинель, датолит, данбурит и некоторые другие камни. Из указанных ювелирных камней промышленные запасы выявлены только для берилла, топаза, цветного турмалина, горного хрусталя и андалузита.

5.2. Берилл

5.2.1. Из истории овладения

Берилл с древнейших времён используется как благородный и дорогой ювелирный камень. Среди его ювелирных разновидностей были зелёные и зеленовато-голубые камни. Изделия из изумруда и аквамарина найдены во многих археологических памятниках. Все бериллы, кроме изумруда, в древности носили это имя. Русское название «изумруд» произошло от персидского *заммород*, вероятно, привезённого на Русь Афанасием Никитиным после его «Хождения за три моря». В то время официальным языком при дворах индийских правителей был персидский или, как говорили европейцы, посещавшие Индию со времён Тавернье, «персидский был французским языком Востока». Берилл цвета морской воды назван аквамарином в 1609 г. врачом Боэцием де Боотом. Но привилось это название в минералогии лишь в XIX в. Например, в «Тибетском медицинском трактате

XVII века "Голубой берилл"» он ещё не имел этого имени [Атлас… , 1994]. Изумруд, как и рубин, относится к драгоценным камням первого класса и, будучи дороже алмаза, по стоимости уступает лишь рубину.

5.2.2. *Состав и свойства*

Структура и состав. Берилл представляет собой островной силикат бериллия и алюминия, $Be_3Al_2Si_6O_{18}$. Структура берилла состоит из колец, напоминающих шестиугольники Si_6O_{18}, соединённые через атомы Be и Al (см. рис. 8). Кольца расположены одно под другим, образуя каналы, в которых располагаются щелочные металлы и молекулы воды. Сингония – гексагональная, кристаллизуется в дигексагонально-дитригональном классе.

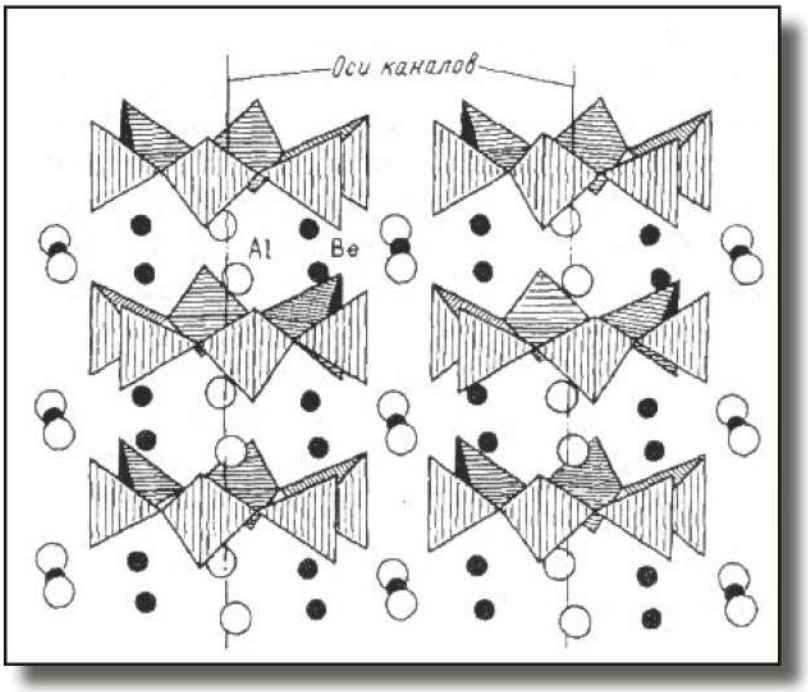


Рис. 8. Кристаллическая структура берилла

Фёдоровская группа ***P6/mmm. a : c=1 : 0,4989.*** Be находится в четверной координации, заполняя тетраэдрические позиции, а Al – в шестерной, образуя октаэдры. В качестве изоморфных примесей в берилле могут присутствовать Cr^{3+}, Fe^{3+}, Fe^{2+}, Mg, Ca, Mn, Ti^{3+}, V^{3+}, Ga^{3+}, Ge^{4+}, B, P. Кроме того, в качестве компенсаторов зарядов при гетеровалентном изоморфизме в состав берилла входят щелочные металлы (Na, Li, Rb, Cs), а в каналах структуры – $(OH)_x$-группы. В берилле реализуется многоатомный гетеровалентный компенсационный изоморфизм.

Формы кристаллов. Берилл часто образует правильные кристаллы преимущественно в виде гексагональной призмы. Выявлено около 80 простых форм. Главнейшие простые формы на кристаллах: гексагональная призма $\{10\bar{1}0\}$, пинакоид {0001}, дипирамиды $\{11\bar{2}1\}$ и $\{10\bar{1}1\}$. Известно около 40 их комбинаций. Соотношение длины и толщины кристаллов изменяется в широких пределах от 10 : 1 и более у бесцветных и слабоокрашенных, часто бесщелочных из грейзенов (см. рис. 9,

фигуры 1 и 2) до 1 : 2 у обогащённых литием и цезием воробьевитов из типичных пегматитов (см. рис. 9, фигуры 6 и 7), а также жил Шерловой Горы (см. рис. 10, фигуры II и V).

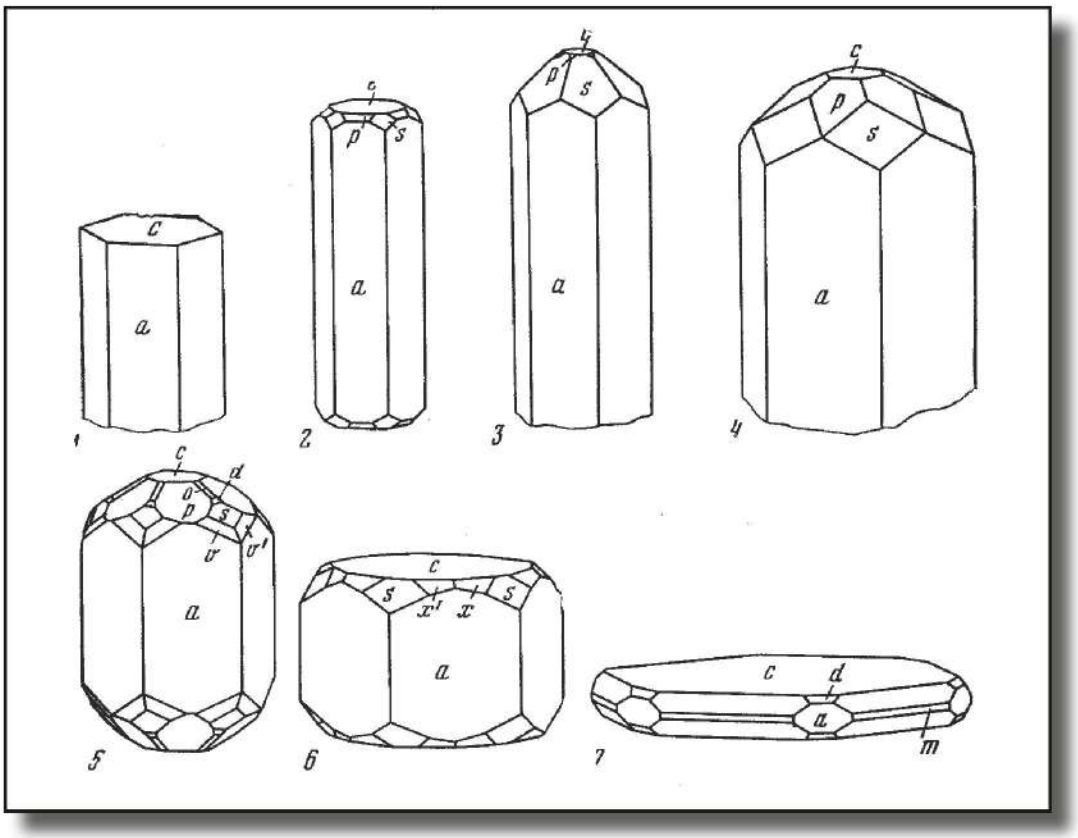


Рис. 9. Типичные формы кристаллов берилла [по: Минералы, 1981]: 1 – простая шестигранная призма (*a*), ограниченная сверху и снизу пинакоидами (*c*); 2 – 4 – призма, осложнённая маленькими гранками шестигранных пирамид (*p* и *s*); 5 – сложный короткостолбчатый кристалл с 6 разными пирамидами; 6 – толстотаблитчатый кристалл морганита; 7 – таблитчатый кристалл морганита, представляющий собой комбинацию призм (*a* и *m*), пирамиды (*d*) и гипертрофированного пинакоида (*c*).
Кристаллы происходят из разных месторождений мира: 1 – Урал, Мурзинка (по Н. И. Кокшарову); 2 – Чехословакия, Писек (по Врба); 3, 4 – Центральный Казахстан (по Смольяниновой); 5, 6 – о. Эльба (по Шрауфу); 7 – о. Мадагаскар (по Дюпарку, Вундеру, Сабо).

Примечание. Здесь и везде, где даны чертежи кристаллов, буквами обозначены простые гранные формы

На рис. 11 представлены кристаллы берилла из забайкальских месторождений России: 1 и 2 – из бассейна Урульги (Борщовочный кряж), 3 – с Шерловой Горы.

Габитус кристаллов наряду с другими особенностями определяет выбор формы фасетной огранки для изготовления гранёных вставок в ювелирные изделия. Форма кристаллов зависит от условий их кристаллизации. Наибольшую ценность и высокие технологические качества имеют азональные кристаллы с равномерным распределением окраски (см. рис. 12–15).

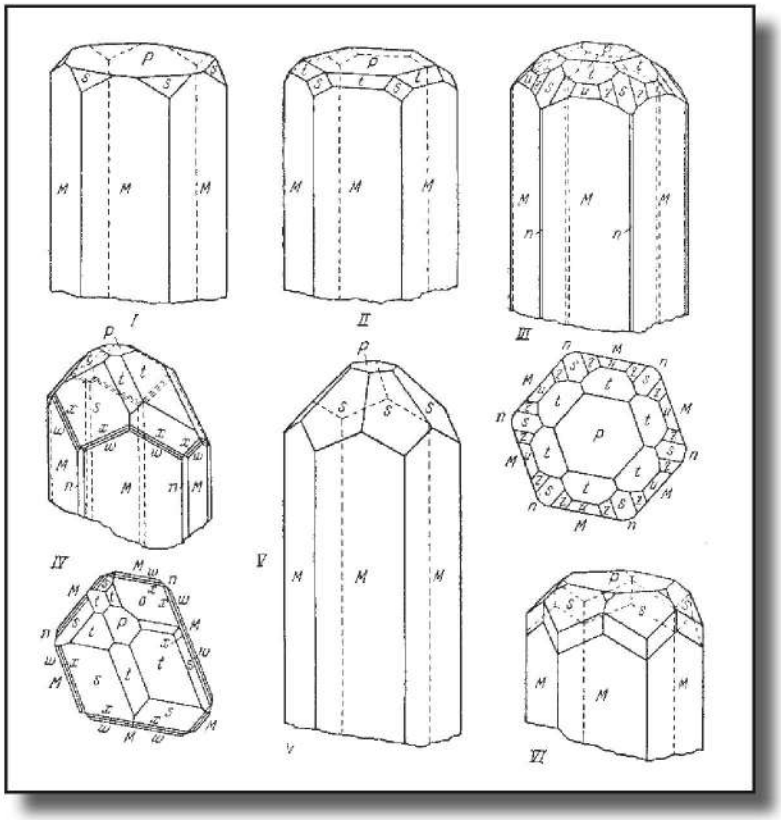


Рис. 10. Формы кристаллов берилла различных месторождений России, измеренные и вычерченные академиком Н. И. Кокшаровым, 1866 г.: I – Изумрудные копи, Урал; II – Адун-Челон, Забайкалье; III – Борщовочный кряж и гора Соктуй, Забайкалье; IV – Мурзинка, Урал; V – Адун-Челон, Борщовочный кряж, Забайкалье; VI – Мурзинка, Урал.

Примечание. Под фигурами кристаллов III и IV приведены чертежи многогранных головок кристаллов с обозначением символов граней

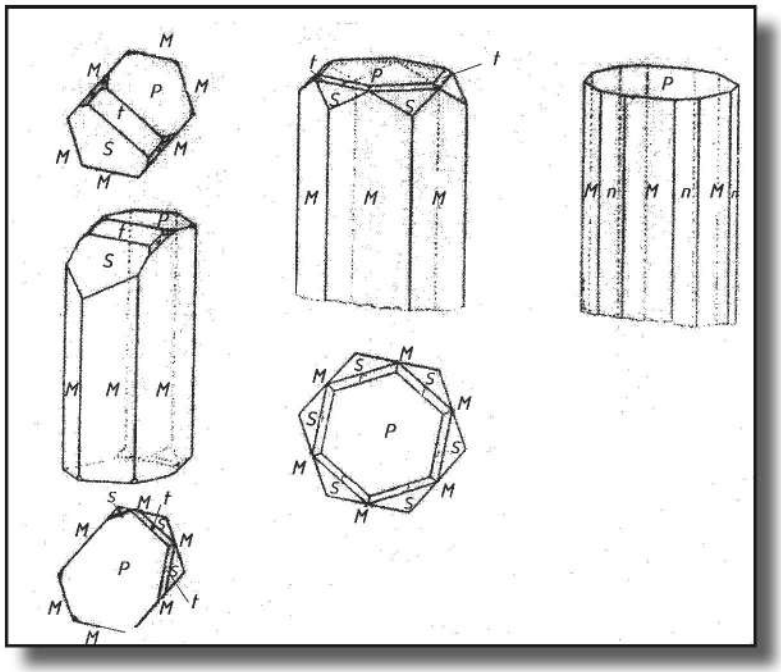


Рис. 11. Чертежи трёх кристаллов берилла, образованных различными комбинациями граней призм (*M* и *n*), пинакоидов (*P*) и различных пирамид (*s, z, u, t* и *m*) [по: Н. И. Кокшарову, 1856]

Многие кристаллы берилла в связи с различным ходом их роста имеют различные ростовые дефекты, которые влияют на их качество как ювелирного ограночного материала. Бездефектные кристаллы редки. Эти дефекты довольно часто выражены в зональном их строении. В связи с прерывистым изменением условий роста кристаллов они могут иметь зональное строение. Зональность отражена в изменении окраски, которая обозначена на приводимых ниже рисунках. Расшифровка цвета дана в табл. 3. Цифры под чертежами кристаллов – их полевые номера.

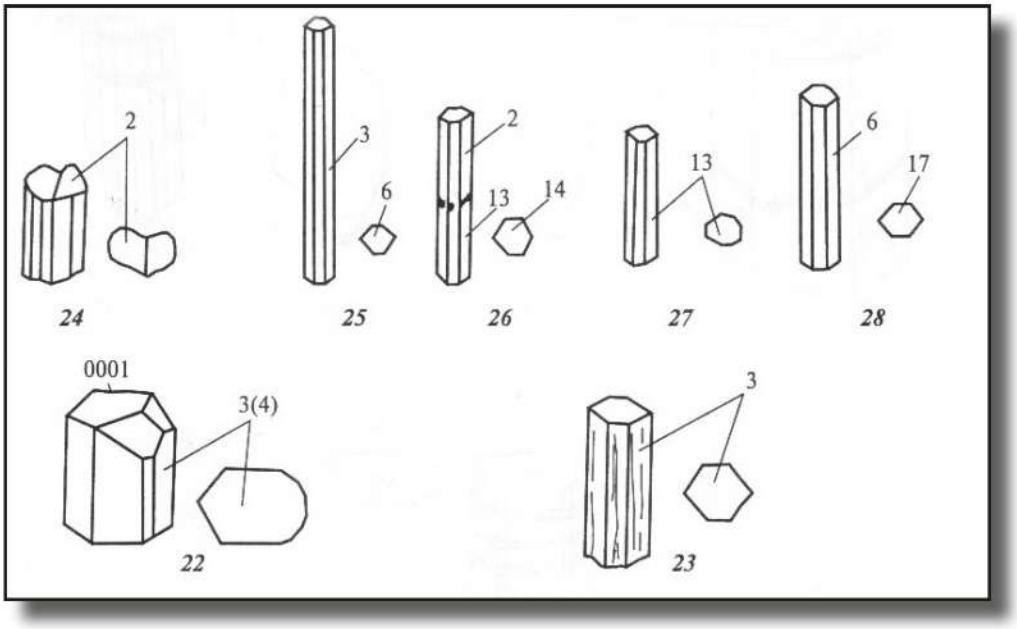


Рис. 12. Формы азональных кристаллов. Шерловая Гора. Уменьшено в 2 раза. Цифры – индексы цвета согласно табл. 3

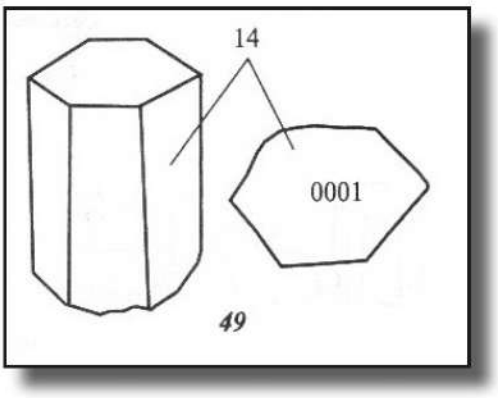


Рис. 13. Форма совершенного водяно-прозрачного кристалла аквамарина. Шерловая Гора. 14 – индекс цвета (см. табл. 3)

Таблица 3

Индексы цвета кристаллов берилла и их фрагментов

Группа окраски	*Разновидность берилла*	*Окраска*	*Цифровой индекс*
Синяя и голубая	Аквамарин	Бесцветная до серовато-голубой, иногда с желтоватым, розоватым, розово-коричневым оттенком	1
		Очень бледно-голубая	2
		Светло-голубая	3
		Голубая и ярко-голубая, густо-голубая	4
		Синяя	5
Зелёно-голубая	Аквамарин	Светло-зеленовато-голубая	6
		Зеленовато-голубая	7
		Ярко-зелёно-голубая	8
Голубовато-зелёная		Светлая голубовато-зелёная	9
		Голубовато-зелёная	10
		Яркая голубовато-зелёная	11
Зелёная	Зелёный берилл	Серовато-зелёная, часто с включениями материала субстрата	12
		Очень светло-зелёная, бледно-зелёная	13
		Светло-зелёная	14
		Зелёная	15
		Фисташково-зелёная	16
Жёлто-зелёная	Берилл	Бледная желтовато-зелёная	17
		Желтовато-зелёная	18
		Жёлто-зелёная	19
Оливковый оттенок	Берилл	Бледно-оливково-зелёная	20
		Светло-оливково-зелёная	21
Зелёно-жёлтая	Берилл	Яркая оливково-жёлтая	22
		Зеленовато-жёлтая	23
		Яркая желтовато-голубая (зелёная)	24
Жёлтая	Гелиодор	Грязная серо-жёлтая	25
		Светло (бледно)-жёлтая	26
		Жёлтая	27
		Золотисто-жёлтая	28
		Оранжево-жёлтая	29
		Густо-оранжевая, чайная	30
		Светло-коричнево-жёлтая	31
		Буровато-жёлтая	32
		Светло-коричневая	33
Коричневая, бурая		Коричневая, бурая	34

Рис. 14. Идеальный аквамарин ювелирного качества. Шерловая Гора. Северо-восточная часть участка Поднебесных. Добыт предприятием «Аквамарин» в 1992 г. Уменьшено в 1,2 раза

Рис. 15. Азональные урульгинские бериллы. Бассейн р. Урульга, Борщовочный кряж, Забайкалье. Фото образцов в витрине Минералогического музея РАН им. А. Е. Ферсмана. Уменьшено в 2 раза

Известно два типа ростовой зональности: поперечной и продольной. Оба типа зональности показаны на рис. 16 и 17. Некоторые кристаллы, как это видно на рисунках (см. рис. 18 и 19), имеют сложное поперечно-продольно-зональное строение. Зональность может быть выражена только в ритмично-периодичном изменении окраски или в частом изменении окраски и сплошности кристаллов. Встречаются также параллельные сростки продольно-зональных кристаллов берилла, в которых последовательность смены зон в обоих кристаллах синхронна. Типичные примеры зональных кристаллов представлены на рис. 20 (аквамарины), 21–22 (зелёный берилл), 23 (гелиодор).

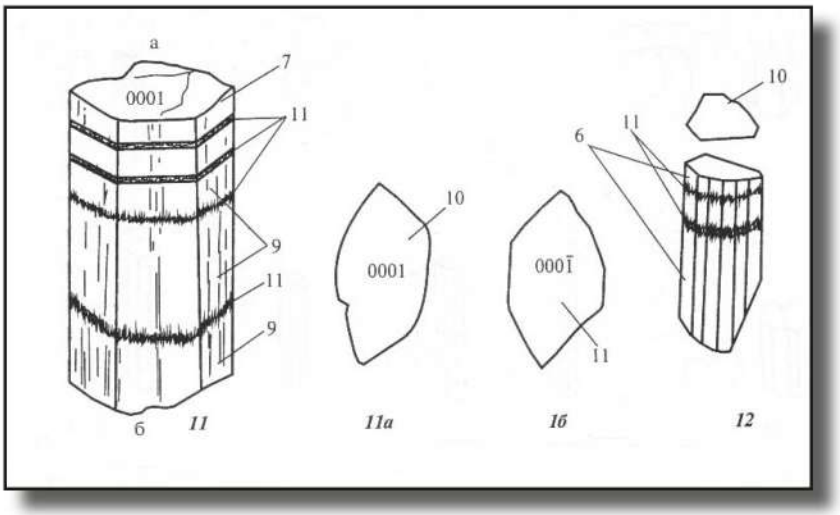


Рис. 16. Кристаллы с поперечной зональностью

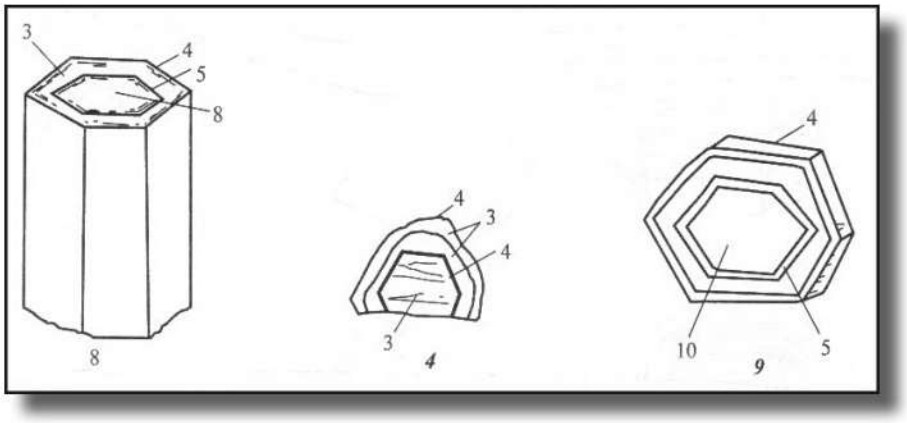


Рис. 17. Кристаллы с продольной зональностью

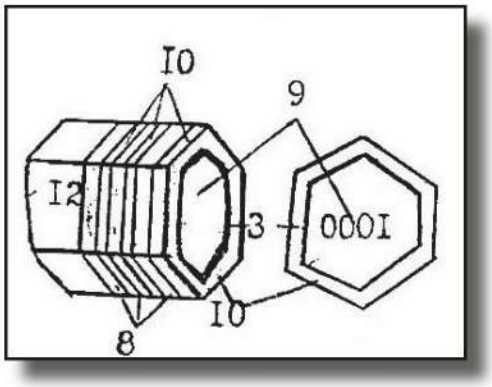


Рис. 18. Продольно- и попречно-зональный кристалл берилла. Уменьшено в 2 раза. Шерловая Гора

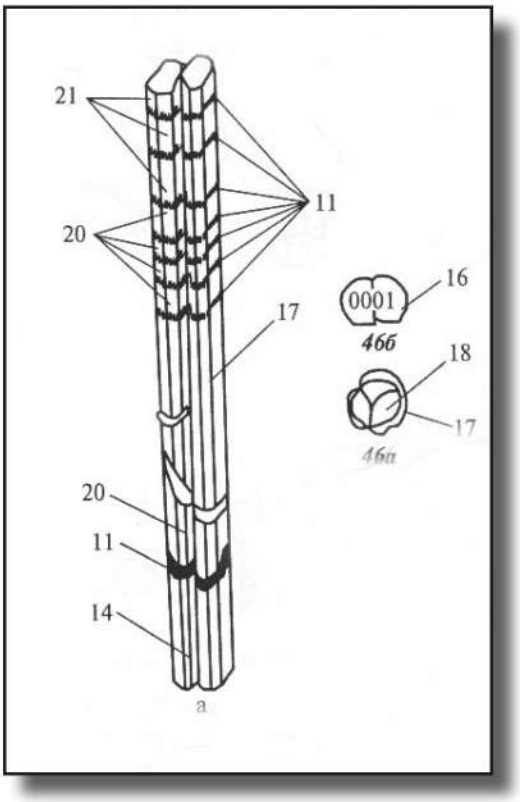


Рис. 19. Параллельный сросток двух длинных кристаллов берилла. Обр. № 46. Шерловая Гора. Копь Новикова. Добыча 1992 г. 115×15 мм

Рис. 20. Поперечно-зональный кристалл аквамарина. Шерловая Гора. Уменьшено в 2 раза

Рис. 21. Поперечно-зональный кристалл зелёного берилла. Шерловая Гора. Копь Новикова. 54×25 мм

Рис. 22. Жёлто-зелёный зональный кристалл берилла. Шерловая Гора. Лукаво-Золотая. 33×15 мм

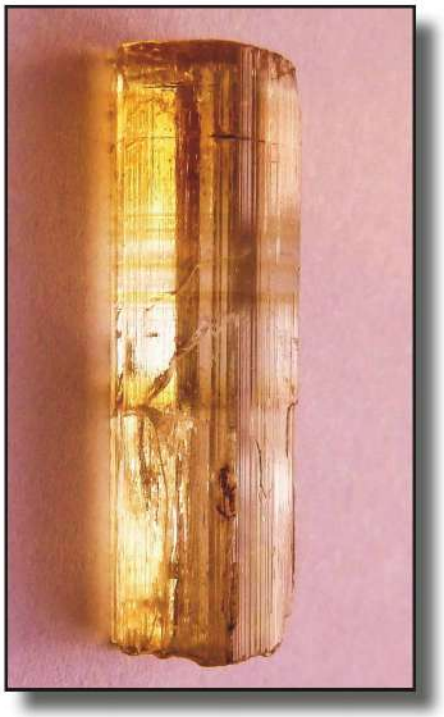


Рис. 23. Поперечно-зональный кристалл гелиодора. Шерловая Гора. Россыпь копи Гелиодоровая. 22×8 мм

Если переходы окраски относительно постепенные, то кристалл может быть использован для изготовления гранёной вставки, если же они слишком частые, например, ширина зон менее 3–4 мм, то использовать его для этой цели нельзя. Он годится только для изготовления кабошона или галтовки. В тех случаях, когда цветовая зональность сопровождается образованием трещин, использовать кристалл вообще невозможно. Поэтому особенности зональности кристаллов учитываются при сортировке кристаллосырья, и дефектные кристаллы отбраковываются. Описанная зональность типична в основном для кристаллов, образованных в условиях резко меняющихся физико-химических условий минералообразующей среды, типичной для относительно близповерхностных рудно-магматических систем, например, Шерловой Горы. Для условий, где формируются пегматиты, образующиеся из остаточных магматических расплавов, условия образования кристаллов более стабильны, особенно в миаролоносных и миароловых пегматитах, образующихся на глубинах более 2 км от дневной поверхности, например, для Адун-Челона, Борщовочного кряжа и других месторождений.

Основные свойства. Главные свойства, особенности окраски и связи её с составом и дефектами приведены в табл. 4.

Кристаллы берилла оптически одноосны, в редких случаях двуосны, оптически отрицательны. Блеск стеклянный, чуть жирноватый. Спайность не проявлена. Отдельность по {0001}. По ней кристаллы в условиях гипергенеза растрескиваются на призматические блоки. По трещинам отдельности в кристаллы проникают гидроксиды железа и марганца, ухудшая их качество. Твёрдость 7,5–8. Микротвёрдость равна 9149–1459 МПа. Твёрдость граней пинакоида ниже, чем граней призмы. Поэтому для огранки вырезают заготовку с учётом этих различий. В кислотах, за исключением HF, не растворим. Медленно растворяется в расплавах KOH и NaOH. Температура плавления 1420 °С. На кривых ДТА до 1000 °С нет никаких резких термоэффектов, за исключением потери массы, в температурном диапазоне 890–1180 °С, что свидетельствует о потере воды. Выше 1000 °С берилл обесцвечивается, мутнеет и растрескивается.

Таблица 4

Цветовые разновидности берилла и природа окраски (с использованием данных [Платонов и др., 1984])

Разновидность	*Цвет*	*Дихроизм*	*Показатели преломления*		*Плотность, г/см³*	*Изоморфные примеси*
			n_o	n_e		
Изумруд	Травяно- и изумрудно-зелёный, сине-зелёный	Ne – зелёный, сине-зелёный No – желтовато-зелёный	1,572–1,600	1,566– 1,593	2,68–2,78	$\square + Al^{3} \leftarrow Cr^{3+}, V^{3+}$ $\square + Be^{2+} \leftarrow Mg^{2+}$
Аквамарин	Голубой, зелёно-голубой, голубовато-зелёный	Ne – голубой No – бесцветный, зеленовато-голубой	1,572–1,590	1,567–1,583	2,68–2,80	$Al_6^{3+} \rightarrow Fe_6^{2+} + R_k^+$ $2Al_6^{3+} \rightarrow Fe_6^{2+} +$ $Fe_{6i}^{3+} + R_k^+$ $2Al_6^{3+} \rightarrow Fe_6^{3+} +$ $+ Fe_6^{2+} + R_k^+$
Аквамарин-максис	Синий	Ne – бесцветный No – синий	1,592	1,584	2,50	CO_3^-, B
Воробьевит (морганит)	Розовый	Ne – бледно-розовый No – голубовато-розовый до бесцветного	1,578–1,600	1,572–1,592	2,71–2,90	$\square Be^{2+} \leftarrow (Cs \times nH_2O) + Li^+ + Mn^{2+} + Ca^{2+}$
Биксбиит	Красный	–	1,576	1,570	2,67	$\square Be^{2+} \leftarrow Mn^{2+}$
Гелиодор (давитсонит)	Жёлтый, оранжевый	Ne – жёлтый, красновато-жёлтый No – золотисто-жёлтый	1,570–1,591	1,566–1,584	2,67–2,69	$\square Al^{3+} \leftarrow Fe^{3+}$ $\square Si^{4+} \leftarrow Fe^{3+} + Na^+$ $Al^{3+} \leftarrow Fe_{i7}^{3+}$
Гошенит (ростерит)	Бесцветный	–	1,566–1,602	1,562–1,594	2,63–2,61	
Гошенит	Яблочно-зелёный					$\square Si^{4+} \leftarrow Fe^{3+} + Na^+$ $\square Be^{2+} \leftarrow Fe^{2+}$
Баццит	Синий					$\square Al^{3+} \leftarrow Sc^{3+}$

5.2.3. Основные разновидности берилла

Среди бериллов известны голубые (аквамарины), зелёные (посто зелёные бериллы), изумрудно-зелёные (изумруды), жёлтые, оранжево-жёлтые, золотисто-жёлтые (гелиодоры), розовые, розово-сиреневые, золотисто-розовые (воробьевиты, морганиты), красные (биксбииты), синие (максис-бериллы и бацциты), бесцветные (гошениты, ростериты). Все цветовые разности бериллов могут быть ювелирными камнями в зависимости от качества их кристаллов. На рис. 24–32 даны изображения кристаллов берилла из месторождений Забайкалья. Аквамарины представлены на рис. 14, 19 (см. выше), 20–22.

Рис. 24. Два кристалла аквамарина с Шерловой Горы. Левый зеленовато-голубой в ассоциации с дымчатым кварцем, обрастающим его. Копь Новикова. 23×17×7мм. Правый – ярко-голубой. Участок Поднебесных. 60×28 мм

Рис. 25. Ярко-синий аквамарин. Шерловая Гора. Участок Поднебесных. 37×16×7мм

Рис. 26. Кристаллы аквамарина различных оттенков. Шерловая Гора

Переходы в одном кристалле от аквамарина к гелиодору чётко прослеживаются (см. рис. 27). Зелёные бериллы различных оттенков: желтоватые (см. рис. 28–29), салатно-зелёные (см. рис. 30), изумрудно-зелёные (см. рис. 31, хромсодержащий) –

также распространены. Лишь в некоторых из них обнаружен хром в количествах более 0,008 %, что позволяет их отнести к изумрудам среднего качества. Менее распространены гелиодоры различных оттенков (см. рис. 22, 23, 25, 28, 32–35).

Рис. 27. Зональный кристалл берилла. Копь Новикова. Шерловая Гора. Обр. ШГ-12/250-1. 11×102 мм

Рис. 28. Желтовато-зелёный гелиодор. Мелехинский отрог. Шерловая Гора. Обр. ШГ-10/83. 14×54 мм

Рис. 29. Серия зелёных и жёлто-зелёных кристаллов берилла. Мелехинский отрог. Шерловая Гора

Рис. 30. Салатно-зелёный берилл. Сросток кристаллов. 12×11 см. Орловское месторождение лития и тантала. Забайкалье. Хранится в минералогическом музее ВИМСа. Фото Н. В. Скоробогатовой, предоставленное автору

Рис. 31. Изумрудно-зелёный кристалл берилла.
Содержит хром. Шерловая Гора. Копь Новикова.
Находка 1992 г. 51×19 мм. Фото В. Г. Дианова и автора [Юргенсон, 1997]

Рис. 32. Зональный гелиодор. Россыпь копи Гелиодоровая. Шерловая Гора. 10×28 мм

Рис. 33. Кристалл гелиодора. Россыпь копи Гелиодоровая. Шерловая Гора. 11×30 мм

Рис. 34. Кристалл гелиодора. Россыпь копи Гелиодоровая. Шерловая Гора. 11×29 мм

Рис. 35. Кристалл оливково-коричневого гелиодора. Золотой отрог. Шерловая Гора. 11×47 мм

Среди распространённых в Забайкалье разновидностей берилла отметим воробьевит или морганит. Он отличается двумя внешне чётко проявленными признаками: формой кристаллов и цветом. Обычно кристаллы воробьевита-морганита имеют короткостолбчатую или таблитчатую формы (см. рис. 9, фигуры 6 и 7). Окраска их варьирует от слаборозоватой или светло-сиреневой до ярко-розовой (см. рис. 36–37).

Рис. 36. Фрагмент кристалла воробьевита. Малханское месторождение. 55×24×26 мм

Рис. 37. Фрагмент кристалла бледносиреневого воробьевита в альбитизированном пегматите. Черновское проявление. 35×38×31 мм

В зависимости от способа вхождения примесей и их сочетаний берилл имеет различную окраску, природа которой изучена и представлена в табл. 4 (с. 57).

Ярко-зелёный цвет изумрудов обусловлен замещением алюминия трёхвалентным хромом. При этом часть бериллия замещается на магний. Синеватые оттенки некоторых изумрудов связаны с замещением части алюминия трёхвалентным ванадием, а желтоватые – трёхвалентным железом. При этом возможно и замещение трёхвалентным железом кремния с компенсацией заряда щелочным металлом.

Голубая окраска аквамарина может быть обусловлена двухвалентным железом в позиции бериллия. Розовая окраска воробьевита и морганита обусловлена замещением бериллия двухвалентным марганцем. При этом часть бериллия может замещаться литием с компенсацией зарядов цезием с вхождением воды в каналы.

Жёлтая различных оттенков окраска гелиодоров обусловлена железом в позициях кремния или алюминия. В первом случае в качестве компенсаторов зарядов выступают щелочные металлы, с которыми в каналы вовлекаются также OH_x-группировки. В условиях зоны гипергенеза они, соединяясь с трёхвалентным железом в тонких трещинках, образуют мельчайшие агрегаты гетита, окрашивающие берилл в густо-чайные или красно-коричневые цвета. Третий центр гелиодоровой окраски возникает при замещении бериллия трёхвалентным железом с компенсацией заряда протоном. Типичные примеры кристаллов разноокрашенных бериллов месторождений Забайкалья приведены выше.

Как показано в работе Г. Н. Гончарова и др. [1986], разновалентные ионы железа (Fe^{2+} и Fe^{3+}) могут занимать не только позиции Al, но и позиции тригонально-призматических интерстиций в структуре берилла в семерном окружении (i7). В этих случаях голубая окраска аквамарина обусловлена нахождением двухвалентного железа в позиции Fe^{2+}_{i7}, а желтая окраска гелиодора – трёхвалентного железа в позиции Fe^{3+}_{i7}. Все приведённые данные свидетельствуют о многообразии дефектов в кристаллах берилла, обусловленных вхождением в их структуру железа, с которым связано изменение его окраски. Связь окраски бериллов в ряду бесцветный, голубой, голубовато-зелёный, зелёный, жёлтый различной интенсивности и оттенков с сдержанием этих двух форм железа однозначно была выявлена нами [Юргенсон, 2001], затем чётко подтверждена по результатам анализа спектров ЭПР и показана на рис. 38 [Yurgenson e. a., 2010]. Как видно, смена окраски в указанном ряду происходит чётко в зависимости от возрастания концентраций дефектов структуры берилла, обусловленной вхождением трёхвалентного железа.

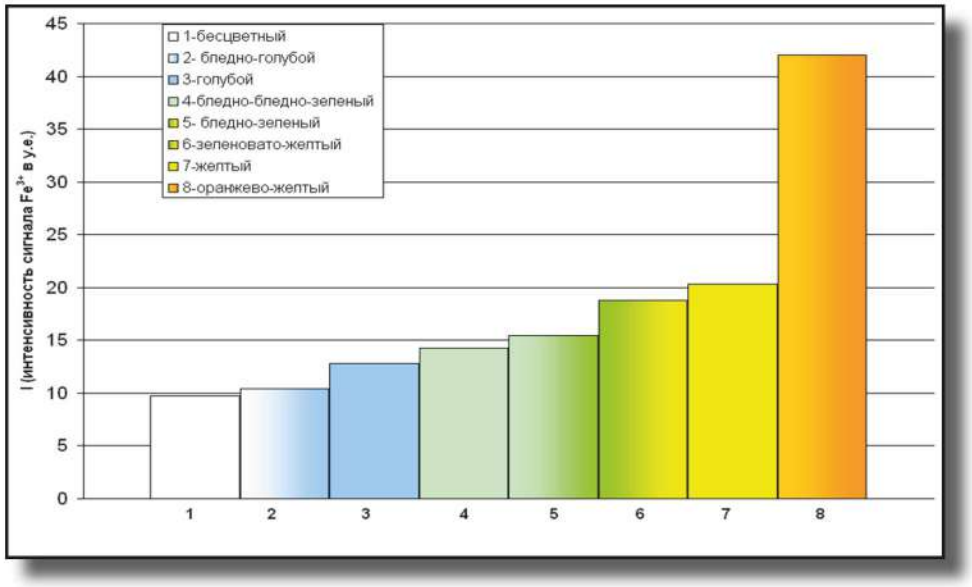


Рис. 38. Зависимость окраски бериллов от содержания Fe^{3+} по данным ЭПР-спектроскопии

Розовая окраска морганита-воробьевита обусловлена замещением бериллия на двухвалентный марганец. Среди воробьевитов встречаются розово-оранжевые кристаллы. Такой кристалл, происходящий из жилы Полиминеральная Завитинского пегматитового поля, выставлен на витрине Минералогического музея РАН им. А. Е. Ферсмана (см. рис. 39). Уникальные золотисто-жёлто-розовые воробьевиты добывали также из пегматитов Савватеевского месторождения. Жёлто-оранжевые оттенки воробьевитов этих месторождений связаны, вероятно, как и у всех бериллов, с примесью трёхвалентного железа.

Рис. 39. Кристалл воробьевита. Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана

Известны бериллы чёрного, фиолетового, молочно-белого цветов. Молочно-белые бериллы, как правило, щелочные безжелезистые, пересыщенные газово-жидкими включениями. Чёрная окраска обусловлена примесями биотита, графита и других непрозрачных минералов. Известны бериллы с астеризмом – появлением эффекта шестилучевой звезды, например, за счёт ориентированных включений ильменита ($FeTiO_3$).

5.2.4. Геммологические особенности берилла

Среди аквамаринов выделено три типа кристаллов, характеризующихся специфическими особенностями спектров оптического поглощения: аквамарин I, аквамарин II и аквамарин III. Они выделены на основании изучения кристаллов аквамарина Казахстана [Платонов и др., 1984] и Шерловой Горы [Платонов и др., 1984; Юргенсон, 2001].

На основе визуального изучения большого числа кристаллов берилла и их фрагментов и с учётом литературных данных о природе окраски всё многообразие кристаллов разделено нами на три типа аквамаринов (включая зелёные разности различных тонов) и два типа гелиодоров (см. табл. 5, 6). Такая классификация в известной мере условна, так как основана на различиях в окраске, характере дихроизма, времени образования кристаллов, но не вполне подкреплена данными по инструментальной оптической спектроскопии. Тем не менее, она позволяет уверенно разделять кристаллы при использовании их в качестве ограночного сырья.

Таблица 5

Типы кристаллов аквамарина месторождения Шерловая Гора

Тип	*Индекс цвета*	*Дихроизм*	*Генерация*
I	1–15	Ne – голубой, зелёно-голубой, голубовато-зелёный; No – бесцветный, бледно-голубой, бледно-, жёлто-зелёный; Ne > No.	Ранние догелиодоровые
		Без видимого дихроизма, почти бесцветный	Поздние догелиодоровые

Окончание табл. 5

Тип	*Индекс цвета*	*Дихроизм*	*Генерация*
II	4–5	Интенсивно голубой без синего, без видимого дихроизма	Поздние, иногда после гелиодора-I или близко-одновременно
III	2–11	Ne – бледно-светло-, светло-зеленовато-голубой, светло-голубовато-зеленый; No – синий, голубой, ярко-густо-, зеленовато, ярко-зелёно-голубой, голубовато-зелёный, ярко-голубовато-зелёный; сильный дихроизм; Ne < No	То же

Таблица 6

Типы гелиодоров месторождения Шерловая Гора

Тип	*Индекс окраски*	*Дихроизм*	*Генерация*	*Тип зональности*
I	22–29	Оливково-, зеленовато-, светло-жёлтая, жёлтая, золотисто-, оранжево-жёлтая; Ne = No. Иногда с очень слабым дихроизмом; Ne < No	Ранние, редко до аквамарина-II	Незональные, концентрически-зональные
II	27–34	Ne – жёлтая, золотисто-, оранжево-жёлтая; No – оранжево-жёлтая до коричневой; Ne < No	Поздние послеаквамариновые	Незональные, поперечно-, концентрически-зональные

К I типу кристаллов аквамарина (см. табл. 5) отнесены все голубые и голубовато-зелёные, сине-зелёные, зелёно-голубые бериллы ранних генераций, характеризующиеся основным хромофорным центром Fe^{2+}_{6}, с проявлением в той или иной мере дихроизма Ne > No. У таких кристаллов интенсивность окраски при рассматривании их со стороны граней призмы больше, чем при рассматривании с торца (со стороны граней базопинакоида).

Ко II типу аквамарина отнесены поздние голубые, до синего, кристаллы без видимого дихроизма. Лишь изредка при рассматривании кристалла со стороны базопинакоида наблюдается очень слабый зеленоватый либо зеленовато-жёлтый оттенок. Такой аквамарин встречается в трёх разностях: в виде внешних ярко-голубых зон на кристаллах аквамарина I типа, в виде самостоятельных кристаллов и в виде поздних зон или отдельных кристаллов раннего гелиодора I типа.

К III типу аквамарина отнесены кристаллы голубовато-зелёного или зеленовато-голубого, зелёного берилла. Эти кристаллы образуются после аквамарина I типа, близко-одновременно, либо до аквамарина II типа, иногда близко-одновременно либо после гелиодора-I, отличающегося зеленовато-жёлтым цветом. Все кристаллы аквамарина III типа характеризуются чётким дихроизмом Ne < No, т. е. они бледно-светло-голубовато-зелёные, бледно-светло-зеленовато-голубые при рассматривании их со стороны граней призмы (Ne) и яркие до густо-голубовато-зелёных, иногда со слабо выраженной жёлтой компонентой – со стороны грани базопинакоида (No). Заготовки из кристаллов этого типа вырезаются так, чтобы площадка будущей вставки была параллельна грани базопинакоида; лишь в тех

случаях, когда окраска кристалла очень густая, площадка может быть параллельна оси *c*. Но при этом следует помнить, что срезы, точно совпадающие с гранью базопинакоида, по которой у кристаллов берилла проявлена несовершенная спайность вследствие совпадения её с наименее сильными связями между кольцами кремнекислородных тетраэдров, плохо шлифуются и полируются. По этим плоскостям при полировке происходит отслаивание блоков колец кремнекислородных тетраэдров, и достичь совершенной полировки не удаётся. *Поэтому заготовки надо делать так, чтобы плоскости ограничения их были под углом к грани пинакоида.*

Классификация кристаллов гелиодоров проведена с учётом их окраски, характера дихроизма и зональности (см. табл. 6). К гелиодору I типа в соответствии с данными А. Н. Платонова и других [1984] отнесены зеленовато- и золотисто-жёлтые кристаллы без дихроизма либо с очень слабо проявленным дихроизмом Ne> No, т. е. те, которые при рассматривании со стороны грани призмы окрашены интенсивнее, чем со стороны базопинакоида. По времени образования эти кристаллы могут занимать промежуточное положение между аквамаринами I и II типов.

К гелиодору-II отнесены оранжево-жёлтые или оранжевые кристаллы, которые со стороны граней призмы оказываются окрашенными слабее, чем со стороны граней базопинакоида: для них типична схема абсорбции Ne < No. Кристаллы гелиодора-II завершают процесс образования окрашенного ювелирного берилла. Оптические спектры поглощения разновидностей берилла можно найти в работе автора [Юргенсон, 2001].

Заготовки для гранёных вставок из гелиодора-I могут вырезаться в любом направлении, и он предпочтительнее как ограночный материал, особенно его золотисто-жёлтые разности. При выкраивании заготовок для граненых вставок из гелиодора-II следует учитывать характер зональности и интенсивность окраски.

В связи с тем, что зональность гелиодоров имеет большое значение для понимания процесса роста кристаллов, среди них выделены продольно-зональные (концентрически-зональные относительно оси *c*) и поперчено-зональные кристаллы. Продольная ростовая (цветовая) зональность при ширине зон менее 3–4 мм обычно не позволяет использовать кристалл для изготовления огранённой вставки; в этих случаях он может быть кабошонирован при условии отсутствия существенных дефектов, либо из него выкраивается блок для огранки фантазийной вставки. Поперечная зональность предпочтительней также лишь в тех случаях, когда ширина бездефектной зоны более 3–4 мм. В случае поперечной зональности в крупных кристаллах почти всегда наблюдается изменение окраски от ранних зон к поздним, но в пределах каждой из зон окраска макроскопически неизменна, поэтому при ширине зоны более 3 мм из неё почти всегда можно получить блок для огранки. Из толстых (> 5 мм по оси *a*) кристаллов получают заготовки с расположением площадки под углом к оси *c*.

5.2.5. Условия образования берилла

Берилл является продуктом сложных геологических процессов. Все разновидности его образуются из высокотемпературных расплавов или растворов-расплавов в широком диапазоне меняющихся температур (700–200 °С) и давлений (450–150 МПа). Такой диапазон температур установлен при изучении ряда генераций трёх главных минералов миарол и продуктивных жил. Для Шерловой Горы это представлено на рис. 40.

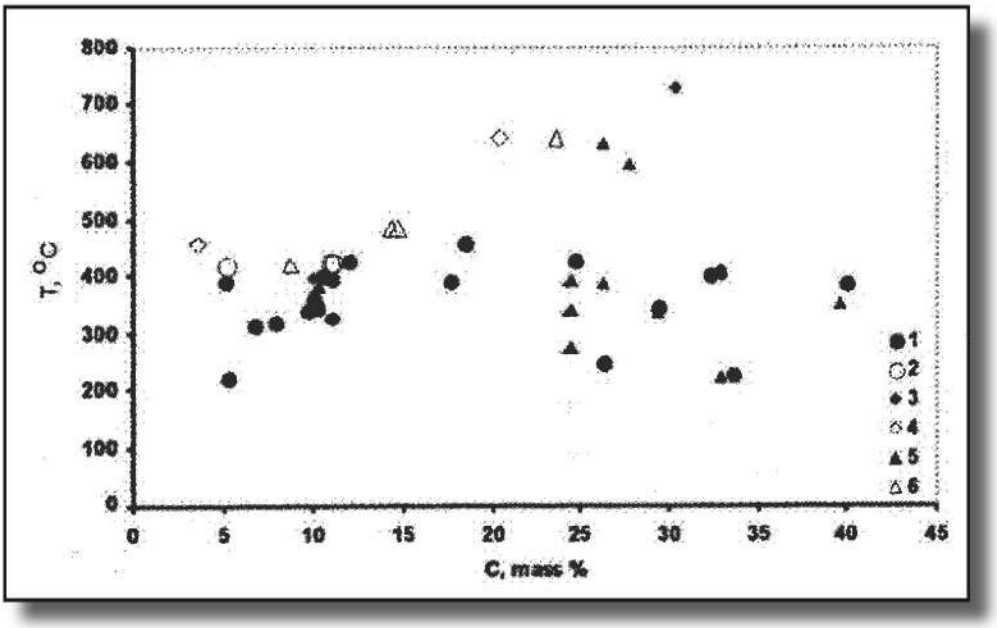


Рис. 40. Зависимость температуры гомогенизации флюидных включений – содержание газовой фазы различных генераций кварца, топаза и берилла Шерловой Горы:
1, 2 – кварц, 3, 4 – топаз, 5, 6 – берилл. Залитые чёрным знаки – гомогенизация в газовую фазу, пустые – в жидкую. По вертикальной оси – температура в градусах Цельсия, по горизонтальной – содержание газовой фазы, %

Эти данные получены В. Ю. Прокофьевым на наших образцах [Yurgenson e. a., 2010]. Согласно исследованию связи соотношения H_2O/CO_2 с глубиной образования и флюидного давления в минералообразующих системах выявлена область полученной кривой, соответствующая пегматитам и грейзенам, с которыми связаны почти все месторождения берилла и топаза, а также ювелирного турмалина и сопутствующих им минералов (см. рис. 41).

Бериллы – типичные минералы кристаллизации остаточных водно-силикатных расплавов, отделяющихся от гранитных магм на поздних стадиях их раскристаллизации и превращения в различные граниты. Эти расплавы обогащены летучими фазами (водой, фтором, углекислотой, другими газами, а также бором, мышьяком), щелочными (калием, натрием, литием, цезием, рубидием), редкими (бериллием, танталом, ниобием, ванадием) и другими (оловом, вольфрамом, молибденом, висмутом) металлами. Из этих остаточных расплавов образуются особые крупно- и гигантозернистые тела пегматитов и существенно кварцевых жил. Кристаллы ювелирного качества растут в полостях, называемых миаролами, от их стенок к центру. Возможность образования здесь совершенных кристаллов обусловлена свободой роста. Тогда кристаллы растут, не соприкасаясь друг с другом, и приобретают присущие им формы и часто лишены посторонних включений, ухудшающих их качество. Вместе с бериллами образуются полевые шпаты, различные, в том числе и ювелирного качества: кристаллы кварца, топаза, граната, турмалина и других минералов.

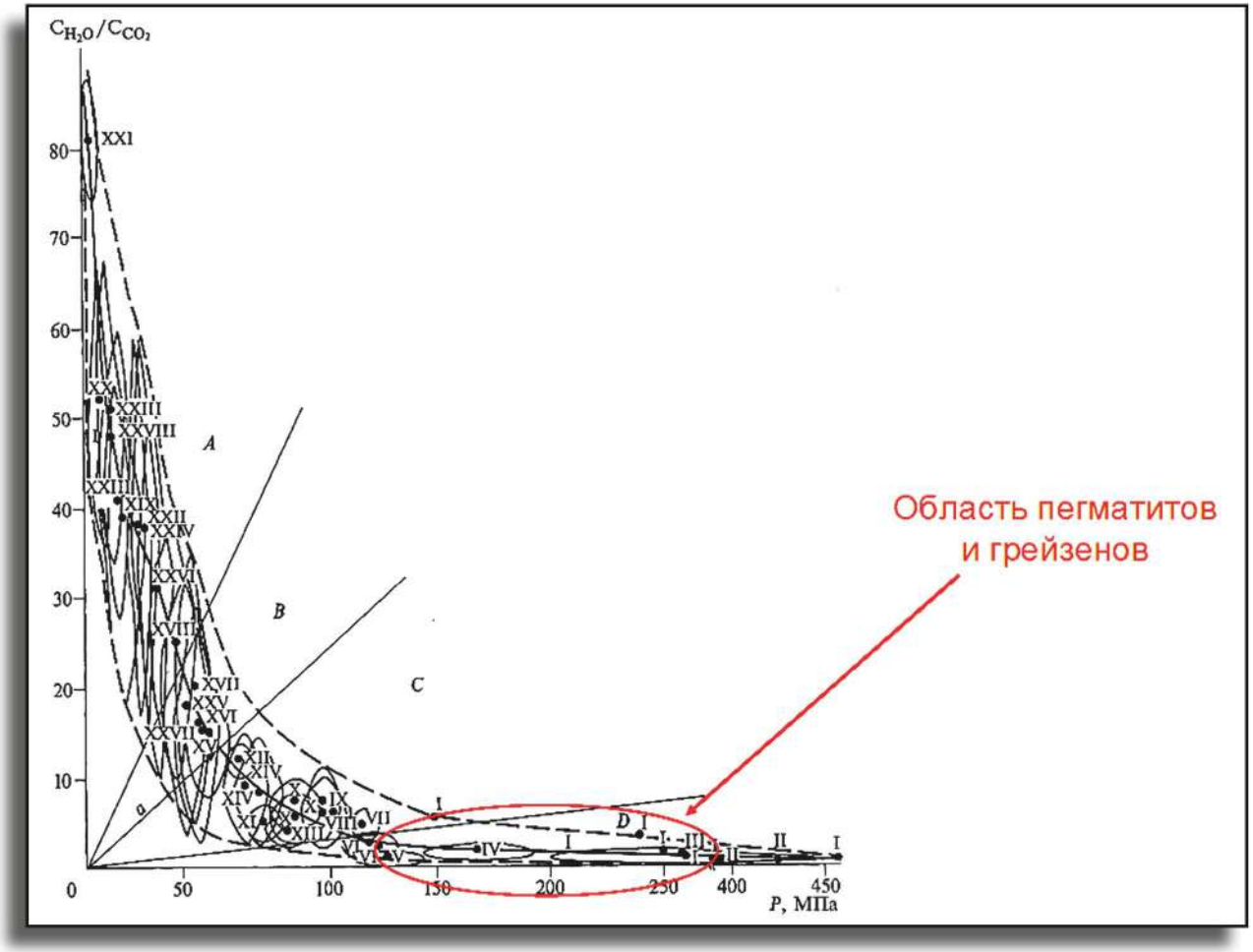


Рис. 41. Область условий образования пегматитов и грейзенов на кривой зависимости соотношения воды и углекислоты от флюидного давления в минералообразующих системах: I – глубинная малосульфидная золотокварцевая; II – гранулированный кварц; III–V – пематиты: III – мусковитовые, IV – редкометалльные, V – камерные редкометалльные с драгоценными камнями; VI – грейзеновая мусковит-вольфрамит-кварцевая; VII – медно-молибден-порфировая. Поля соответствуют объектам: A – малоглубинным, формирующимся с вскипанием флюидов; B – переходным от мало- к среднеглубинным, образующимся на отдельных этапах с вскипанием флюидов; C – среднеглубинным, формирующимся преимущественно без вскипания; D – глубинным, образующимся без вскипания флюидов; a – радиус равнобочной гиперболы, обозначенный стрелкой

Если гранитная магма кристаллизуется относительно недалеко от земной поверхности (менее 1,5–1,0 км), то в гранитах формируются газовые полости-миаролы и в них тоже образуются относительно крупные (0,3–5 см) совершенные кристаллы кварца, берилла и топаза. При избытке фтора образуется также флюорит.

В тех случаях, когда расплав содержит значительное количество газовой фазы, обогащённой фтором и парами воды, он может активно взаимодействовать с образовавшимися ранее гранитами, а иногда и пегматитами. Происходит частичное растворение силикатов, прежде всего полевых шпатов и биотита. На их месте могут образоваться вторичные полости, в которых выделяется топаз и новая генерация слюд. В полостях существенно кварцевых жил, в так называемых грейзенах, нередко обогащённых флюоритом, берилл образуется вместе с кварцем, топазом, иногда касситеритом (оксид олова SnO_2), вольфрамитом – железная или марганцевая соль вольфрамовой кислоты ((Mn, Fe) WO_4), молибденитом (MoS_2), бисмутинитом (Bi_2S_3) и другими минералами. Ярким примером сочетания пегматитов, миароловых гранитов и грейзенов является Адун-Челон-Шерловогорская гранитная система, к относительно детальному рассмотрению которой мы вернёмся ниже. Месторождение фенакит-берилловых бериллиевых руд Снежное, располагающееся в мигматизированных и слюдизированных брекчиях по амфиболитам, амфиболовым, биотит-амфиболовым и биотитовым сланцам, гранитоидам [Куприянова, Шпанов, 2011], относится к слюдисто-флюорит-берилловой формации, образованной в результате раннего собственно магматического и позднего грейзенового процессов. Среди кристаллов берилла ювелирного качества выявлены голубые аквамарины и жёлтые гелиодоры.

Изумруды также связаны с пегматитовыми жилами, но могут находиться во вмещающих их слюдяных сланцах и гнейсах, содержащих необходимый для возникновения изумрудно-зелёной окраски трёхвалентный хром. Так возникли изумруды Урала, побережья Красного моря, Индии. Уральские изумруды находят вместе с хризобериллом и его разновидностью александритом, эвклазом, бавенитом (все – минералы бериллия) и многими другими минералами. В настоящее время интенсивно развивается представление о том, что оно образовалось вследствие пегматит-грейзенового процесса в толще базит-ультрабазитовых горных пород [Куприянова, Шпанов, 2011].

Изумруды Колумбии и Афганистана образовались в кварцево-карбонатных жилах часто на контактах мраморов или песчаников и сланцев с жилами (дайками) магматических горных пород – диоритов, содержащих необычно высокие концентрации щелочных металлов – калия и натрия. Эти магматические горные породы образовались как отпрыски щелочных сиенитовых магм, обогащённых редкими землями. Изумруды месторождений Колумбии и Афганистана ассоциируют с карбонатами, баритом ($BaSO_4$), пиритом (FeS_2), кварцем, полевыми шпатами, минералами редких земель (паризитом и синхизитом), рутилом (TiO_2), фукситом (красивая хромсодержащая зелёная слюда), минералами урана и тория. В результате выветривания содержащие ювелирные бериллы коренные месторождения разрушаются.

Кристаллы берилла при этом высвобождаются, переходят в россыпь и становятся лёгким объектом добычи.

5.2.6. Промышленно-генетические типы месторождений

Известно четыре промышленно-генетических типа месторождений ювелирного берилла. В зависимости от геолого-структурных условий локализации и образования месторождения ювелирного берилла подразделяются на промышлен-

но-генетические типы: гранитных пегматитов, апогранитных грейзенов, апокарбонатных грейзенов и связанных с ними россыпей (см. табл. 4). Кроме того, известны проявления гидротермально-вулканогенного типа.

Наиболее важным является пегматитовый, с которым связана основная масса аквамарина, гелиодора жёлто-зелёных оттенков, морганита-воробьевита. Гранитные пегматиты подразделяются на камерные, миароловые, миаролоносные и бесполостные. Примеры их рассмотрены ниже.

5.2.7. Способы добычи

Коренные месторождения разрабатывают проходкой горных выработок – карьеров, штолен, шахт – с применением при подходе к минерализованным полостям дымного пороха или невзрывных породоразрушающих материалов. При разработке месторождений бериллия кондиционные кристаллы извлекают попутно.

Россыпные месторождения разрабатывают промывкой рыхлого материала. При этом следует учитывать, что при промывке россыпей механизированным способом в связи с тем, что берилл относится к лёгким камням с плотностью менее 2,7 г/см^3, неизбежны его потери. Поэтому изготавливают системы сит, на которых улавливают все обломки горных пород вручную, смывая тонкие фракции.

5.2.8. Способы обработки берилла для ювелирных изделий

Кристаллы аквамарина, воробьевита-морганита и гелиодора в зависимости от формы бездефектной части кристаллов и заготовки гранят в форме простой круглой бриллиантовой, фантазийной или в виде таблицы или ступенчатой огранки в форме квадрата, прямоугольника или ромба (см. рис. 42). Для получения высококачественной гранёной вставки необходимо учитывать показатели преломления минерала, которые определяют критические углы и углы наклона граней павильона ювелирных камней (см. рис. 43). Для изумруда и аквамарина они приведены в табл. 7. Типичные гранёные вставки аквамарина приведены на рис. 42.

Таблица 7

Показатели преломления, критические углы и пределы углов наклона граней павильона ювелирных камней [Андреев, 1957]

Название камня	*Показатель преломления*	*Критический угол*	*Пределы углов наклона граней павильона*	
			нижний	*верхний*
Изумруд	1,581	39°14′	39°14′	46°55′
Аквамарин	1,569	39°36′	39°36′	46°48′

По способу обработки изумруды делятся на две категории: гранёные изумруды и кабошоны. По цвету обработанные изумруды подразделяют на пять групп: тёмно-зелёные, нормально-зелёные, среднезелёные, светло-зелёные, с зеленоватым оттенком (светлые). По качеству огранки гранёные изумруды делятся на три группы, а кабошоны – на две. Изумруды обычно гранят в форме «изумруд», но могут быть и другие формы, приведённые на рис. 44–45.

В связи с тем, что изумруд, как и все бериллы, хрупок, при огранке стремятся не производить острых углов. Огранка в форме «изумруд» характеризуется тем, что острые углы притупляются дополнительной гранью, приближая сечение камня в плане к овалу. Изумруды массой 0,1 карат гранятся только квадратной формы (каре).

Рис. 42. Примеры гранёных вставок аквамарина [по: Самсонов, Туринге, 1985]

Рис. 43. Кабошон из аквамарина Шерловой Горы в серебре (Юргенсон, 1997)

В тех случаях, когда кристаллосырьё дефектно, например, непрозрачно или полупрозрачно, характеризуется присутствием видимых простым глазом разного рода включений, несплошных трещинок или их систем, образующих так называемые шторы, сады, тонкозональным распределением окраски, его нецелесообразно гранить. В этих случаях с учетом возможности получить высокоэстетичную ювелирную вставку из камня изготавливают кабошон. Если такая возможность исключается, то партию дефектных камней галтуют для получения бусин или иного назначения форм полированного камня.

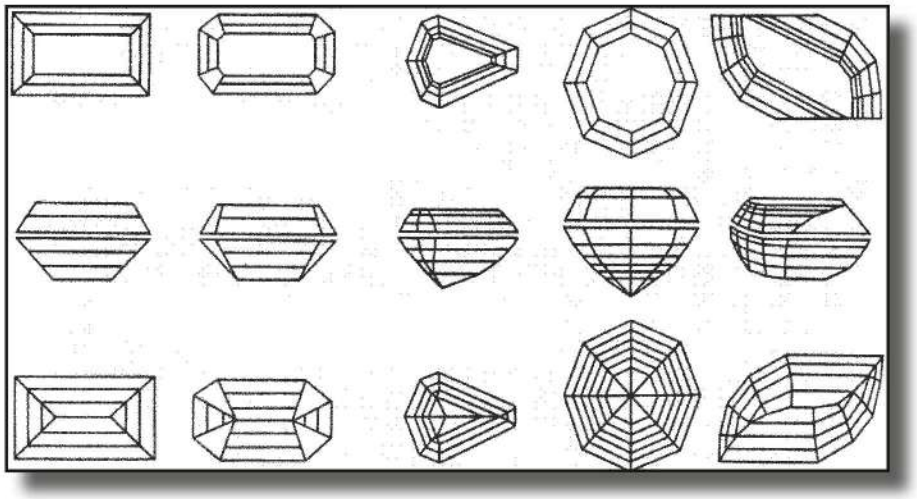


Рис. 44. Современные формы огранки изумрудов [по: Самсонов, Туринге, 1985]

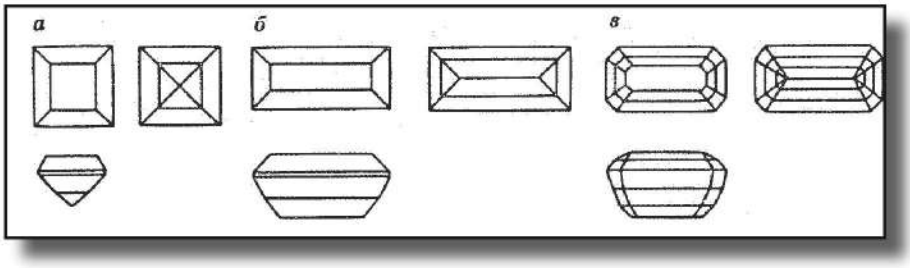


Рис. 45. Классические формы огранки изумрудов [по: Корнилов, Солодова, 1986]:
а – квадрат, *б* – таблица, *в* – притуплённая ступенчатая таблица

Кондиционный камень редок в объёме добываемого кристаллосырья. Например, на некоторых рудниках Колумбии годовая добыча товарных изумрудов составляет всего 400–500 огранённых камней массой от 5 каратов, среди которых лишь изредка встречаются камни до 100 карат. Один такой камень может стоить до 1 500 000 долл. США. По данным В. Г. Гадиятова и др. [2007], цена высококачественного изумруда массой от 1 до 10 карат за 30 лет выросла в 6 раз и достигла 30 тыс. долл. за 1 карат. Цена дешёвых камней в 1990 г. достигала 5 тыс. долл. за карат. К 1974 г. рост цен замедлился, и с 1975 по 1990 гг. цена изумруда увеличилась всего в 1,2 раза. В начале 2000 гг. изумруд незначительно подешевел, а в последнее время наметилась тенденция к росту цен (см. рис. 46). В целом вариация цен на рынке не превышает пяти раз при повсеместно высоком спросе камня. Сравнительные данные о спросе на драгоценные камни на мировом рынке приведены на рис. 46.

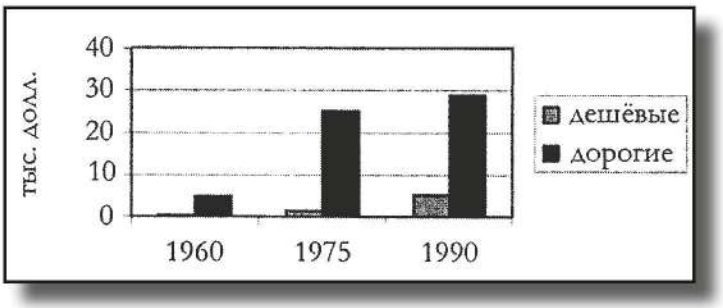


Рис. 46. Рост цен на изумруд [по: Гадиятов и др., 2007]

5.3. Топаз

5.3.1. Из истории овладения

Топаз, также как и берилл, относится к одному из камней-самоцветов, известных с давних времён. По данным В. В. Бобылева [2000], первые сведения о нём в литературе появляются в IX в. до н. э. в тексте канонического Ветхого Завета, а в древнерусской литературе – с XI в. под именем «топазис, пазио, панзион, тумпазия». Уральские горщики называли его «тумпас». Название, как полагают, произошло от названия острова Топазос, или Топазион (по Р. Вебстеру – современный остров Зебергед), в Красном море. Но, скорее всего, в древности топазионом называли хризолит. На Урале в районе Учалинских озёр в одной из палеолитических стоянок (Малые Учалы II) найдены нуклеусы из горного хрусталя и топаза в виде тонких острых пластинок [Корнилов, Солодова, 1986], использовавшихся, вероятно, в качестве вкладных лезвий.

5.3.2. Состав и свойства

Структура. Топаз представляет собой фторосиликат алюминия $Al_2(F,OH)_2[SiO_4]$. Сингония ромбическая. В основе структуры топаза – мотив из AlO_4 октаэдров. В них алюминий окружён четырьмя атомами кислорода и двумя фтора или гидроксила. Между октаэдрами расположены изолированные кремнекислородные тэтраэдры. Атомы кислорода Al-кислородных октаэдров принадлежат также и кремнекислородным октаэдрам, а фтор или гидроксил связаны только с алюминием [Минералы, 1982]. Ромбо-дипирамидальный класс. Фёдоровская

группа ***2/m2/m2/m, Pbnm.*** Параметры элементарной ячейки: *a* = 4,65; *b* = 8,80; *c* = 8,40. Главные рефлексы на рентгенограммах (*hkl*, I, d/n, Å): *111* – 64–3,699; *120* – 66 – 3,200; *022* – 64 – 3,041; *112* – 100 – 2,942; *023* – 82 – 2,364. Полосы поглощения на ИК-спектрах ($см^{-1}$): 460, 490, 530, 570, 590, 710, 890, 1010, 1100, 1180, для OH_x-групп – 3405, 3600, 3650, 3850.

Химический состав топаза непостоянный. Это связано с тем, что в анионной части один из пяти кислородов, характерных для структуры андалузита ($Al_2O[SiO_4]$), замещён на два атома фтора или две OH-группы, или один атом фтора и гидроксил. По этой причине среди топазов встречаются как чисто фтористые разности, так и фтор-гидроксильные. Состав (мас. %) – Na_2O+K_2O до 0,63; MgO до 0,28; CaO до 0,36; Al_2O_3 – 52,24 – 54,92; SiO_2 – 32,05 – 34,12; Fe_2O_3 до 0,63; TiO_2 до 0,24; H_2O – 0,04 – 3,0; F – 17,00 – 20,18 [Минералы, 1982]. В наиболее богатых гидроксилом кристаллах топаза соотношение F:OH достигает 3 : 1. Железо, титан и ванадий могут замещать алюминий и изменять цвет топаза. Фтористые и фтор-гидроксильные топазы образуются в разных условиях.

Формы кристаллов. Кристаллы призматического габитуса более или менее вытянутые по оси *c* со сложной, часто клиновидной головкой (см. рис. 47). Иногда кристаллы ограничены с обоих концов, но различными комбинациями граней. Главные простые формы – ромбическая призма {110}, {010}, {100}, {120} и др., пинакоид {001}, дипирамиды {111}{223}, диэдр {011} и др. Всего известно более 140 простых форм. На гранях призматического пояса обычно развита вертикальная штриховка. На кристаллах топаза из грейзенов грань {001} встречается относительно редко, хорошо развиты грани домы зоны [100] и призмы [110]. Типичные формы кристаллов топаза из пегматитов Борщовочного кряжа и Шерловой Горы приведены на рис. 47–50.

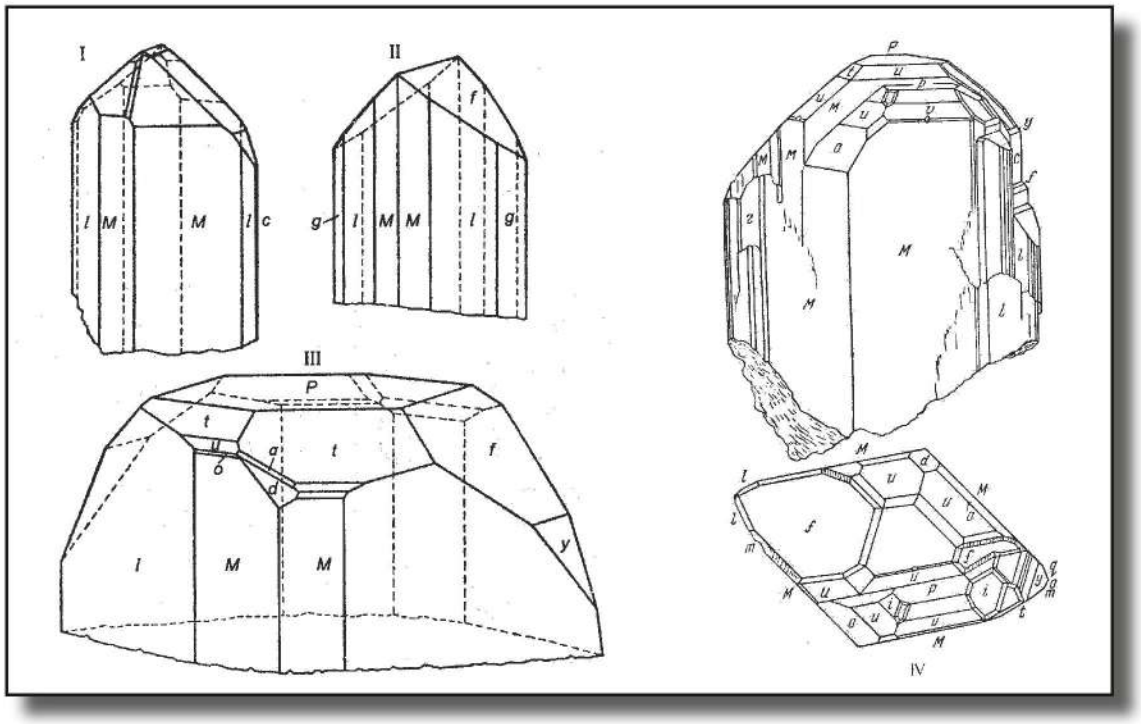


Рис. 47. Формы кристаллов топаза: I, III, IV – Борщовочный кряж, II – Шерловая Гора. Чертежи Н. И. Кокшарова, 1866. Латинскими буквами обозначены грани кристалла: комбинация ромбических призм (*g, l, M*), пирамид (*o, t, u*), диэдра (*f*) и пинакоида (*P*)

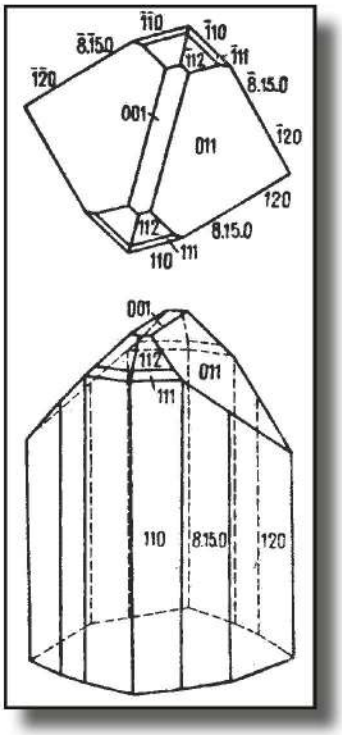


Рис. 48. Наиболее обычная форма топаза Шерловой Горы [по: Барабанов, 1965]

Рис. 49. Исторический кристалл топаза из Дорогого утёса, Борщовочный кряж. Высота 28,5 см. Горный музей. СПб.

Рис. 50. Удлинённый почти бесцветный кристалл топаза, выросший на двух кристаллах мориона. Между топазом и морионом образовалась толстая корка флюорита грязно-зеленовато-серого цвета. Шерловая Гора. Копь Миллионная. 45×34 мм. Кристалл топаза длиной 27 мм по оси *c*

Сечение кристаллов топаза Борщовочного кряжа приближается к квадратному. На кристаллах из пегматитов Забайкалья часто хорошо развита грань пинакоида {001}. Для Шерловогорского топаза характерны грани призмы {110},{120},{130} и {011}, которую можно принять за диэдр (см. рис. 47, II). Пинакоид иногда образует тонкую полосочку (см. рис. 49). В грейзенах нередки сферолитовые образования топаза. В отдельных случаях образуются войлоковидные агрегаты.

Оптические свойства. Блеск стеклянный. Кристаллы прозрачные до просвечивающих. Очень часто бывает бесцветен. Цвета: жёлтый, жёлто-коричневый, розовый, голубой, белый, молочно-белый, пирофизалит, за счёт большого числа ГЖВ, например, непрозрачные, похожие на конские, так называемые «коневьи», зубы. Такие топазы наиболее распространены на Шерловой Горе. Их особенностью является ритмичное строение внешней непрозрачной оболочки кристалла, сложенной топазом с множеством каналов, выполненных слюдой, каолинитом, кварцем, сахаровидным топазом. Они впервые детально описаны П. П. Сущинским [1924]. Распределение окраски в топазах Забайкалья иногда неоднородное. Особенно отчётливо это проявлено у кристаллов Борщовочного хребта. По плоскости YZ кристаллы голубоватые, а на концах розовато-жёлтые [Ферсман, 1962].

Изменение окраски от голубой к розовой известно также в кристаллах Волыни, что может быть связано с изменением содержания фтора и гидроксила: в голубых зонах содержание фтора возрастает [Платонов и др., 1984]. Среди шерловогорских топазов, где содержания фтора и гидроксила также сильно варьируют, тем не менее, преобладают бесцветные, голубые встречаются значительно реже. Розовые не обнаружены вовсе. Поэтому только присутствием фтора нельзя объяснить розовую окраску. По данным А. Н. Платонова и др. [1984], она связана с F-центром, являющимся вакансией фтора или гидроксила, захватившей электрон. Эта окраска устойчива до температуры 200–250 °С. Возможно, розовые топазы были в жилах Шерловой Горы, но обесцветились в результате повышения температурного поля во время становления второго этапа образования месторождения, связанного с формированием касситерит-турмалин-сульфидно-кварцевого оруденения. В пегматитах Адун-Челона развиты топазы всевозможных цветов, за исключением ярко-розовых и розово-красных, типичных для месторождений Бразилии и уральской Санарки. Здесь они не подвергались наложенному термальному воздействию, и первозданная их окраска сохранилась.

Окраска топаза обусловлена дефектами кристаллической структуры, связанными с вхождением титана (голубая), титана и гидроксила (розовая), а также железа и хрома или ванадия (розовая и винная). В голубых топазах Шерловой Горы по сравнению с белыми содержания соответственно Fe (0,0087 и 0,0044) и Cr (0,0044 и 0,0087). Показатели преломления: n_g = 1,618–1,643; n_m = 1,610–1,636; n_p = 1,607–1,632. Они изменяются в зависимости от соотношения содержаний фтора и гидроксила. Минерал двуосный, положительный. Кристаллы топаза обладают отчётливым плеохроизмом. В голубых топазах он слабый по схеме: голубой – бесцветный или голубовато-зелёный – зелёный. Яркость его усиливается с усилением зелёной окраски. Зелёные топазы есть в пегматитах Орловского месторождения. Некоторые жёлтые топазы плеохроируют от светло- до тёмно-жёлтого или жёлтокрасного. Знаменитые исторические топазы Дорогого утёса в Борщовочном кряже плеохроируют от жёлтого до жёлто-коричневого. Розовые топазы, как сообщают Н. И. Корнилов и Ю. П. Солодова [1986], иногда плеохроируют в карминово-красных или медово-жёлтых тонах. Шерловогорские бесцветные топазы после обработки облучением и нагреванием приобретают яркую голубую окраску (см. рис. 51).

Другие свойства. Плотность топазов 3,49–3,56 г/см^3. Зеленовато-голубые топазы из пегматитов Забайкалья имеют плотность 3,53 г/см^3. Твёрдость 8, микротвёрдость 1399 МПа. Спайность совершенная по (001). На её плоскостях иногда появляется перламутровый отлив. Чётко он виден на слегка мутноватых кабошонах или галтованных стекловато-белых камнях шерловогорских топазов. Особенно отчётлива перламутровая побежалость при повороте камня. Топаз – слабый пиро- и пьезоэлектрик.

Рис. 51. Пара огранённых голубых топазов. Облучены. Шерловая Гора. Огранён в Королевском музее Шотландии. Фото передано автору геммологом Джексоном Брайном, посетившим Шерловую Гору вместе с автором летом 2006 г.

В HCl не растворяется, в серной кислоте при длительном нагревании начинает выделять фтористый водород. В азотной кислоте растворяется лишь после сплавления с карбонатом кальция. При нагревании до 850–900 °C начинается выделение SiF_4.

5.3.3. Геммологические особенности топаза

Кристаллы топаза, как и берилла и других ограночных камней, бывают равномерно окрашены или зональны. Наибольшую ценность имеют розовые, тёмно-жёлтые и голубые топазы. Действовавшие в СССР требования предусматривали разделение топазового сырья на два сорта: высший и низший. К высшему сорту относили интенсивно окрашенные голубые, розовые и винно-жёлтые камни размерами не менее 15×25×12 мм. К низшему – бледно-окрашенные жёлтые и с коричневым оттенком, с единичными включениями при минимальном размере 6×6×5 мм.

Среди огранённых топазов, продаваемых в ювелирных магазинах, значительное место занимает искусственно окрашенный розовый и голубой топаз. Отличить топазы природно- и искусственно окрашенные очень трудно. Топаз можно легко спутать с ювелирными бериллом, турмалином, кварцем, кунцитом, турмалином и искусственными корундом, шпинелью, фианитом и некоторыми стёклами. Чтобы отличить топаз от других камней, надо помнить, что он имеет высокие плотность и твёрдость, совершенную спайность, специфическую люминесценцию. В ультрафиолетовых лучах у бесцветных и голубых топазов она желтоватая или зеленоватая. Розовые и коричневые топазы иногда светятся в длинной ультрафиолетовой области оранжево-жёлтым.

С древности топазу приписывали, а суеверные люди и экстрасенсы приписывают и теперь, магические свойства. Люди, считающие себя рождёнными под зодиакальным знаком близнецов, желают иметь золотистый топаз, под знаком скорпиона – любой из топазов. Полагали также, что он – спаситель от депрессий и бессонницы.

5.3.4. Условия образования

Принято считать, что топаз образуется при высоких температурах и относительно небольших давлениях. Особенностью минералообразующих систем, генерирующих топаз, должно быть высокое содержание фтора и алюминия. Изучение

ГЖВ в топазах Н. П. Ермаковым [1957], а также Е. К. Захарченко [1971], В. Ю. Прокофьевым [Yurgenson e. a., 2010] показало, что топаз образуется в довольно широком диапазоне температур и давлений. В пегматитах Волыни кристаллизация топазов начинается при 510 °С и продолжается отложением поздних генераций вплоть до 362 °С. Для топазов миарол в гранитах Шерловой Горы температуры начала кристаллизации, как выяснил В. Ю. Прокофьев [Yurgenson e. a., 2010], достигают 730 °С, понижаясь до 630 °С (см. рис. 40), а в бериллово-слюдисто-кварцево-топазовых жилах этого месторождения, продуктивных на ювелирное сырье, они выделяются в ходе эволюции минералообразующего флюида неоднократно, каждый раз после кварца, в интервале температур от 460–450 и, возможно, до 150 °С (см. рис. 40), хотя эта последняя цифра однозначно ещё не доказана.

При этом изменяются формы и цвет кристаллов топаза. Если кристаллы наиболее ранних генераций субизометричны и нередко окрашены в бледно-желтый цвет, то промежуточные генерации относительно крупные и менее дефектные, голубые, нередко ювелирного качества. Кристаллы последних генераций уплощены по осям *a* и *b*, а в некоторых случаях только по одной из них, и вытянуты по оси *c*. После этой последней генерации топаза выделяются поздние кристаллы горного хрусталя, связанные с наложенной сульфидной минерализацией, завершающейся образованием халцедоновидного кварца.

5.3.5. Области использования и цены

Топаз, обладающий довольно высокой твёрдостью, успешно используется как абразив. Будучи достаточно устойчивым при высоких температурах, он при нагревании до 1100 °С переходит в кварц и муллит, который является высокоценным огнеупором. Муллит получают также при нагревании топазовой горной породы. Наиболее ценными признаны топазы розовые до оранжево-красных. В настоящее время самым крупным поставщиком топазов на мировой рынок стала Бразилия. Топазы там добывают из пегматитов провинции Минас-Жерайс. В основном оттуда происходят наиболее ценные оранжево-красные топазы, называемые топазами-империалами. Крупным поставщиком топазов были и остаются украинские месторождения на Волыни.

В 1890-х гг. в России за грамм чистого и густо окрашенного материала платили от 2 до 30 р. серебром. В 1982 г. в США стоимость топазов массой в 5 карат, в зависимости от их качества, составляла от 30 до 500 долл./карат. В начале 2000-х гг. на российском рынке довольно много топазов. В основном они происходят из Украины, появились также камни из Бразилии. Абсолютное большинство украинских голубых топазов, как сообщает В. Г. Гадиятов с соавторами [2007], облагорожены. Они получены из жёлто-зелёного волынского сырья. Цены огранённых вставок колеблются от 3 до 10 долл. за карат [Гадиятов и др., 2007].

5.3.6. Промышленно-генетические типы месторождений

Промышленно-генетические типы месторождений, как и берилла, представлены пегматитами и грейзенами. Но среди пегматитовых месторождений ювелирного топаза известны только миароловые и миаролоносные, а среди грейзенов только апогранитные грейзены и миароловые граниты.

5.3.7. Способы добычи

Впервые в России топаз стал добываться на Шерловой Горе совместно с бериллом, а затем на Урале с 80-х гг. XVIII в. Из пегматитов Борщовочного кряжа (Дорогой утёс) в Забайкалье топазы стали появляться на чёрном рынке с 1839 г.

К добыче топаза, как и любого камнесамоцветного сырья, следует относиться бережно. В связи с тем, что его месторождения могут быть коренными, россыпными, а также и в корах выветривания, подходы к организации добычи вытекают из особенностей залегания кристаллосырья.

Месторождения россыпные и в корах выветривания предпочтительнее, так как все кондиционные кристаллы здесь уже отпрепарированы, а дефектные и трещиноватые обычно разрушены с отделением бездефектных областей. Добыча топаза из россыпей, в отличие от берилла, обладающего высокой плотностью, заключается обычно в промывке в воде с использованием традиционных промывочных средств – лотков, ковшей, мисок, тазов и других приспособлений и последующей их ручной разборке. Нередко топазы, как и многие другие самоцветы, из россыпей добывают попутно с основным полезным ископаемым: золотом, касситеритом, рутилом, гранатом, вольфрамитом. Доводка обогащённых минералами-самоцветами шлихов производится вручную, если обломки кристаллов достаточно крупные. Извлечение ювелирного топаза из тяжёлого шлиха может производиться с использованием сит с отверстиями 4 мм, так как обломки размером более этой величины уже могут подвергаться огранке на станках-автоматах. Извлечение топаза может производиться с использованием обычных отсадочных машин, применяемых на обогатительных фабриках. Если в шлихе присутствуют другие тяжёлые, в том числе рудные, минералы, то можно использовать концентрационные столы с подбором режима подачи воды и наклона деки.

Разработка коренных месторождений топаза, как правило, находящегося в геологических телах в ассоциации с бериллом и горным хрусталём, производится для их одновременной добычи. Коренные месторождения разрабатывают шурфами, шахтами, штольнями, карьерами, комбинированными способами, дезинтегрируя и разрыхляя вмещающие горные породы.

Эти горные выработки необходимы для достижения продуктивных тел. Геологические тела, содержащие кристаллы самоцветов в различных полостях в пегматитах или рудоносных жилах, отрабатывают с использованием невзрывных способов разрушения твёрдых вмещающих горных пород и ручной разборкой миароловых полостей. Из глинистой массы кристаллы вынимают вместе с глиной и выдают на дневную поверхность, где размывают эту массу водой, высвобождая кристаллы. В друзовых полостях, стенки которых бывают устланы кристаллами, кристаллосырьё аккуратно освобождается, скалывается или отламывается от горных пород субстрата или стенок полостей. Недаром в старой русской литературе о добыче самоцветов писали, что из таких-то жил «ломали кристаллы». Коллекционные друзы или щётки вынимают отдельно и подвергают очистке.

Большинство месторождений собственно ювелирных камней отрабатывается традиционными, сложившимися столетиями, примитивными рутинными способами с использованием ручного труда. Это позволяет достаточно тщательно переработать продуктивные горные породы, максимально извлечь и сохранить относительно хрупкий высококачественный ювелирный камень.

5.3.8. Способы обработки топазов для ювелирных изделий

Действовавшие в СССР требования предусматривали относить к высококачественному ограночному сырью бездефектные моноблоки ярко-голубых, розовых и винно-жёлтых кристаллов с размерами 15×15×12 мм и более. Они шли высшим сортом, а бледноокрашенные жёлтые и коричневатые камни, содержащие мелкие единичные включения с минимальными размерами моноблоков 6×6×5 мм, – низшим.

Для цветных топазов обычно используют ступенчатую или шатровую, фантазийную огранку, а для бесцветных или слабо окрашенных – бриллиантовую. Пример ограненного голубого топаза Шерловой Горы приведён на рис. 51. Совершенная спайность требует проявлять осторожность при резке и дальнейшей обработке топазов, а также во время вставки в оправу.

Топазы с видимыми включениями или полупрозрачные обрабатывают кабошоном. Встречающиеся среди топазов тонковолокнистые агрегаты, после полировки приобретающие свойства кошачьего глаза, также обрабатывают в виде кабошона.

Топаз хорошо принимает полировку при галтовании. Поэтому дефектное сырьё галтуют, используя вращающиеся барабаны. В качающихся барабанах всегда есть опасность повредить обладающие спайностью камни в результате соударений. Галтованный продукт используют для изготовления эффектных бус и ожерелий.

Бесцветные топазы обычно подвергают облагораживанию с использованием облучения и термообработки.

5.4. Турмалин

5.4.1. Из истории открытий в России

Название, как свидетельствует немецкий минералог XIX в. Хинце, произошло от сингалезского слова «турмали», появившегося впервые Европе в 1703 г. применительно к кристаллам, привезённым с Цейлона (Шри-Ланки). В Голландии турмалин называли «ашентреккер» (Aschentrecker), что означает «вытягивающий золу». С помощью нагретого кристалла турмалина, электризующегося при нагревании, голландские курильщики вытягивали из курительных трубок золу, прочищая их таким образом. Хей называл его иохроитом. Талталитом назвал смесь медной руды с турмалином в 1860 г. минералог Домейко, изучавший руды месторождения Талтал в Чили [Минералы, 1981].

По составу выделяют целую серию разновидностей турмалина: шерл, титан-турмалин, дравит, Fe^{3+}-турмалин, бюргерит, хром-турмалин, ванадиевый турмалин, эльбаит, тсилаизит, цинковый турмалин, лиддикоатит, увит, магнодравит. По цвету выделяют: рубеллит (розовый), верделит (зелёный), индиголит (голубовато-синий или зеленовато-синий), африцит (синий, почти чёрный), ахроит (бесцветный), дравит (красноватых, жёлтых, оливково-зелёных и других оттенков) [Минералы, 1981].

Российские красные турмалины под названием «сибириты», «сибирские рубины» и «дауритов» были известны ещё в XVIII в. [Киевленко, 2001, Киевленко и др., 1980; Pallas, 1793; Ферсман, 1962]. Название «сибирит» и «сибирский рубин» появилось в связи с открытием красных турмалинов на Урале на речке Сарапулке, описанных П. С. Палласом [Pallas, 1793] и Б. Ф. Германом [Hermann, 1793]. А название «даурит», несомненно, происходит от Даурии и, вероятно, первым его использовал Е. Патрен [Patrin, 1791]. Происходили они, вероятно, из аллювия р. Урульга, так как в коренном залегании цветной турмалин в Борщовочном кряже по официальным данным был найден не ранее 1830 г. [Ферсман, 1962], хотя архивы дают основание предполагать его находки в россыпях р. Урульга уже в конце XVIII в. [Юргенсон, Горячкина, 2003].

5.4.2. *Состав и свойства*

Структура. Турмалин – сложный боро-алюмосиликат или борато-силикат. Он относится к кольцевым силикатам. Структура турмалина окончательно не расшифрована, и существуют два представления о ней. Первое принадлежит Донею и Бюргеру, а второе – Н. В. Белову. У. Брэгг и Г. Кларингбулл придерживаются первого, которое принято в современных учебниках минералогии [Булах, 1999]. Оно заключается в том, что в отличие от берилла в кристалле турмалина присутствуют шестиугольные дитригональные кольца из шести кремнекислородных тетраэдров и треугольные планарные кольца из боркислородных треугольников. Эти трёхугольные кольца понижают его симметрию (сингонию) до тригональной (см. рис. 52). Эти две постройки соединяются друг с другом ионами Na, Mg и Al. Группа OH находится в псевдооктаэдрическом окружении Mg и Al в центре обеих колец. Ячейка ромбоэдрическая. Фёдоровская группа *R3m*. Параметры элементарной ячейки (Å): a_0 15.842 – 16.032; c_0 7.009 – 7.24. α = 113°57′. Изменения состава турмалина обусловливают изменения объёма, формы и плотности элементарной ячейки.

Химический состав. Общая формула турмалина $XY_3Z_6[Si_6O_{18}]$ $[BO_3]_3(OH,F)_{1+3}$. Группа турмалина включает целую серию разновидностей, объединяемых в ряды в зависимости от соотношения главных катионных компонентов в позициях X (натрий, кальций, калий, литий, марганец, магний), Y (магний, железо двухвалентное, марганец двухвалентный, кальций, литий, алюминий, марганец трёхвалентный, железо трёхвалентное, хром трёхвалентный, титан трёхвалентный), Z (алюминий, хром трёхвалентный, ванадий трёхвалентный, магний, железо трёхвалентное). По заполненности тем или иным элементом позиции Y выделяют ***шерлиты*** (двухвалентное железо), ***дравиты*** (магний), ***эльбаиты*** и ***тсилаизиты*** (алюминий, трёхвалентное железо и литий), ***увиты*** (магний и двухвалентное железо), ***бюргериты*** (в позиции Y – трёхвалентное железо, хром и ванадий, в позиции Z – алюминий). Среди них в зависимости от заполненности позиции также выделяются разновидности. Существуют изоморфные ряды шерл–дравит, шерл–эльбаит–тсилаизит, дравит–увит и т. д.

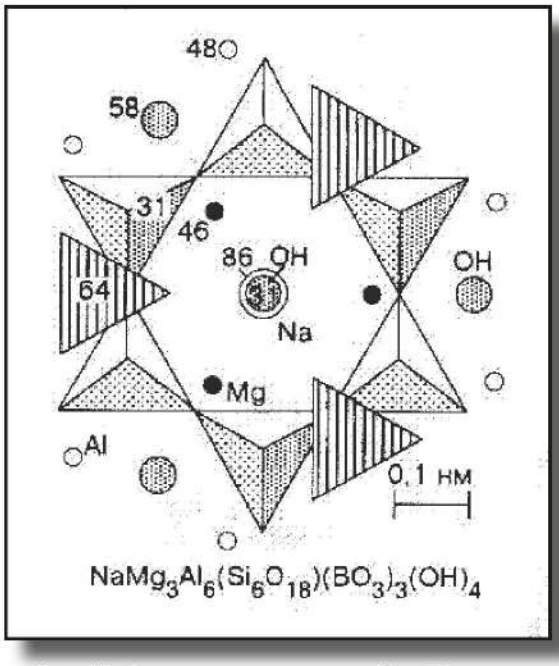


Рис. 52. Структура турмалина [по: Булах, 1999]. Цифрами указаны относительные высоты над плоскостью чертежа

К типу эльбаита относится широкий круг турмалинов: эльбаиты, рубеллиты, ахроиты, тсилаизиты, многие полихромные турмалины, лиддикоатит (см. табл. 8).

Таблица 8

Заселение позиций X, Y, Z конечных членов изоморфных рядов турмалина

Минерал	*X*	*Y*	*Z*
Эльбаит	Na	Al+Li	Al
Оленит	Na	Al	Al
Шерл	Na	Fe^{2+}	Al

Окончание табл. 8

Минерал	*X*	*Y*	*Z*
Дравит	Na	Mg	Al
Тсилаизит	Na	Mn	Al
Бюргерит	Na	Fe^{3+}	Al
Ферридравит	Na	Mg	Fe^{3+}
Ферришерл	Na	Fe^{2+}	Fe^{3+}
Хромдравит	Na	Cr+Mg	Cr
Лиддикоатит	Ca Ca	Li+Al Fe^{2+}	Al Al, Fe^{2+}
Увиты	Ca, Fe^{2+}	Mg	Al, Mg
Бесщелочной турмалин	□	Y^{2+}, Y^{3+}	Al

Примечание: □ – здесь и далее вакансии; Y^{2+}, Y^{3+} – двух- и трёхвалентные катионы, указанные выше, которые могут занимать Y-позицию.

Формы кристаллов. Кристаллы турмалина дитригонально-призматические, столбчатые (дравит) или шестоватые и игольчатые. На кристаллах турмалина известно более 220 простых форм [Минералы, 1981]. Наиболее часто встречаются простые формы [Болдырев, 1935]: пирамиды и дипирамиды $(10\bar{1}1)$, $(01\bar{1}2)$, $(02\bar{2}1)$, $(21\bar{3}1)$, $(32\bar{5}1)$, $(12\bar{3}1)$, $(40\bar{4}1)$, $(41\bar{5}0)$, $(13\bar{4}1)$, дитригональные призмы $(11\bar{2}0)$и $(10\bar{1}0)$, пинакоид (0001).

В связи с асимметричностью кристаллов окончания их не одинаковы, как это хорошо видно на рис. 53.

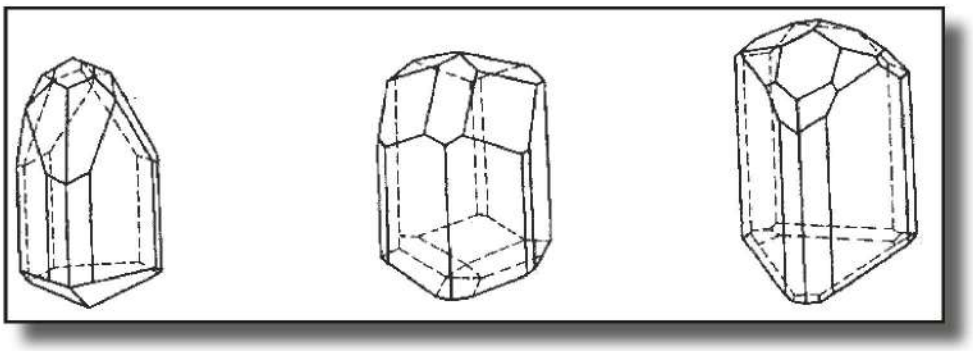


Рис. 53. Формы кристаллов турмалина

Формы кристаллов представлены также на рис. 54–63.

На гранях кристаллов турмалина почти всегда видна грубая продольная штриховка. Она, как и на кристаллах берилла, образуется в результате срастания множества параллельно растущих тонкопризматических кристаллов, затем собирающихся в один поликристалл. Кристаллы с множественными головками описаны М. Ерофеевым в 1871 г. [Минералы, 1981], который считал их продуктом «скучивания неделимых». Для кристаллов турмалина типично характерное дитригональное поперечное сечение в виде сферического треугольника. По концам кристаллы ограничены с одной стороны гранями тригональных пирамид, а с другой – гранью моноэдра и пирамид. Характерны радиально-лучистые агрегаты – так называемые турмалиновые солнца. Иногда турмалин, особенно его поздние генерации, образуют переплетающиеся тончайшие асбестоподобные волокна, имеющие обычно сизо-пепельный цвет. По данным Е. И. Доломановой, длина волокон асбестовидного турмалина с месторождения Пионерский Карабаш на Южном Урале достигает 15 см при толщине 0,3 мкм.

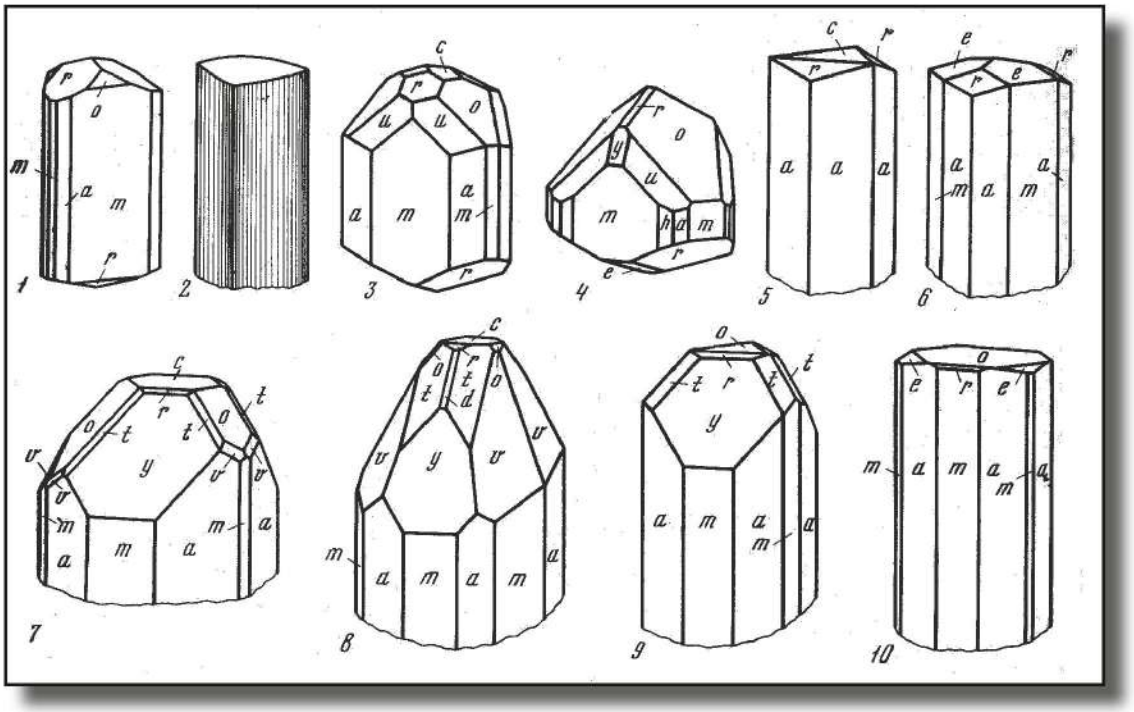


Рис. 54. Формы кристаллов турмалина [по: Минералы, 1981]: 1 – комбинация гексагональной (*m*) и тригональной (*a*) призм и тригональных пирамид (*o* и *r*), Каринбрик, Швеция (по Гольдшмидту); 2 – комбинация гексагональной и тригональной призм и моноэдра – пегматиты Алабашки, Урал (по Гольдшмидту); 3 – сложная комбинация гексагональной (*m*) и тригональной (*a*) призм, пирамид (*o*, *r* и *u*) и моноэдра (*c*) двухголового кристалла, Гувернер, шт. Нью-Йорк, США (по Дэна); 4 – сложная комбинация гексагональной (*m*), тригональной (*a*, *h*) призм, пирамид (*o*, *r*, *u* и *y*, *c*) двухголового кристалла, Гелливара, Швеция (по Флинку); 5 – рубеллит, комбинация тригональной призмы (*a*) тригональной пирамиды (*r*) и моноэдра (*c*); 6, 7 – верделиты – комбинация гексагональной (*m*) и тригональной (*a*) призм, пирамид (*e* и *r*) (6) и сложная комбинация гексагональной (*m*) и тригональной (*a*) призм, пирамид (*o*, *r*, *t*, *v* и *y*) и моноэдра (*c*) (7); 8–10 – ахроиты: сложная комбинация гексагональной (*m*) и тригональной (*a*) призм, пирамид (*d*, *o*, *r*, *t*, *v* и *y*) и моноэдра (*c*) (8). Кристалл под номером 9 огранён меньшим числом граней. Здесь – комбинация гексагональных призм (*a*) и (*m*), тригональных пирамид (*o*, *r*, *t* и *y*). Кристалл 10 похож на комбинацию гексагональной призмы (*a*) и (*m*) с тригональными пирамидами (*e* и *r*) и пинкоидом (*o*). Однако это не пинакоид, а очень тупая пирамида. Кристаллы с 5 по 10 происходят из Чехословакии и описаны Чехом

Окраска. Турмалины обладают широчайшей цветовой гаммой. Шерлы – чёрные; дравиты – коричневые, жёлтые, оливково-зелёные, реже – красные и полихромные; эльбаит, если одноцветный, бесцветный – ахроит, розовый – рубеллит, зелёный – верделит, синий – индиголит, увит – коричневый, зелёный, иногда бесцветный. Примеры цветовых разновидностей турмалина приведены на рис. 55–57. Известны и другие разновидности, на которых мы не останавливаемся. Среди турмалинов широко распространены полихромные турмалины. Порядок смены окраски может быть разный. Как и берилл, турмалин может быть поперечно- и продольно-зональным. В справочнике «Минералы» [1981] на основе анализа изменчивости окраски полихромных турмалинов приведена следующая схема (в последовательности их образования в одном кристалле): чёрная → тёмно-синяя → тёмно-зелёная → бесцветня → розовая. Но эта схема не является универсальной. Довольно часто встречаются переходы от средней части к внешней: от жёлтой к розовой, от тёмно-розовой к оливково-зелёной, от синей и зелёной к бесцветной и розовой, от розово-кричневой к зелёной, от ярко-красной к зелёной. Такие турмалины называют арбузными. В таких кристаллах нередко между внутренней ярко-розовой и тёмно-зелёной или оливково-зелёной находится зона белого или бесцветного турмалина.

Рис. 55. Шерл. Малханское месторождение. Жила Соседка. 42×38 мм. Фото Чарчогляна

Рис. 56. Рубеллит. Малханское месторождение

Рис. 57. Дравит. Малханское месторождение

В. Е. Загорским, И. С. Перетяжко и В. Е. Кушнаревым [2011] для турмалинов из пегматитов Малханского месторождения выявлен эволюционный тренд окраски, представленный на рис. 55.

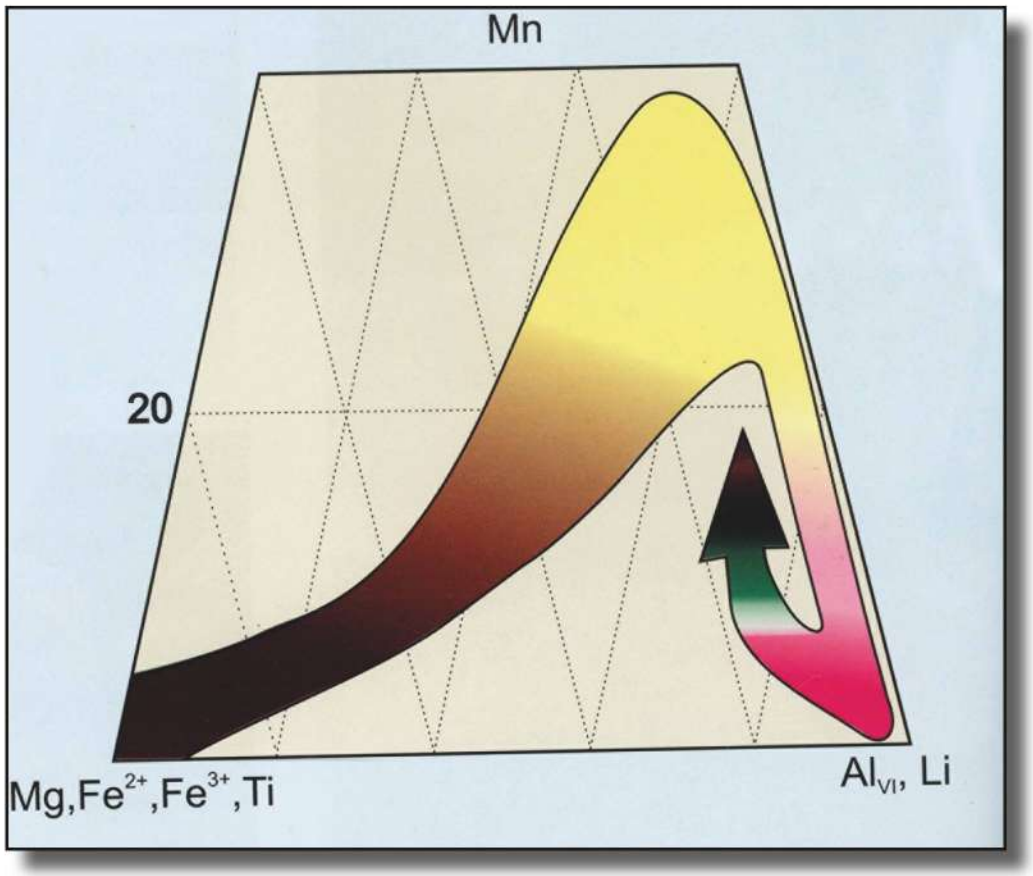


Рис. 58. Тренд изменения окраски турмалинов Малханского месторождения [по: Загорский и др., 2011]. Объяснения в тексте. С разрешения дирекции ЗАО «Турмалхан»

Он, по данным этих авторов, выглядит так: «…чёрные шерлы с примесью дравитового, бюргертового, тсилаизитового, в меньшей степени эльбаитового и оленитового миналов → коричневые, жёлтые, иногда салатные оленит-тсилаизит-эльбаиты → розовые, красные, малиновые, вишнёвые, бесцветные, реже – светло-зелёные оленит-эльбаиты → тёмно-зелёные (иногда почти чёрные), тёмно-коричневые, редко – фиолетово-синие Mn, Fe-содержащие оленит-эльбаиты» [Загорский и др., 2011, с. 28]. Ими выявлено, что в этом ряду закономерно увеличивается содержание кальция вплоть до образования кристаллов с преобладанием лиддикоатитового минала.

Прозрачные кристаллы редкого медово-жёлтого алюмодравита найдены в жиле Западная-1 Малханскоо месторождения в Забайкалье. Здесь же обнаружены и богатые висмутом и свинцом редчайшие лиддикоатит-оленит-эльбаиты.

Важнейшей особенностью турмалинов является чёткий дихроизм или плеохроизм. Интенсивность окраски максимальна, если смотреть на кристалл со стороны головки, и минимальна со стороны граней призмы. Красные турмалины плеохроируют от светло-красного до тёмно-красного, коричневые от светло-коричневых до тёмно-коричневых, зелёные от светло-зелёных и жёлто-зелёных до зелёных, синие от голубых до тёмно-синих. $N_o > N_e$. Эта особенность турмалина учитывается в производстве гранёных вставок.

Известны также турмалины с астеризмом, происходящие из Забайкалья. На Малханском месторождении встречаются турмалины, в которых трёхлучевая звезда проявляется в поперечных срезах.

Природа окраски. Чрезвычайно широкая цветовая гамма кристаллов турмалина соотносится с вариациями его химического состава. Но в связи с его сложностью однозначное определение зависимости окраски от конкретного химического элемента затруднено. Использование ЭПР для этих целей в связи с множественностью электронно-дырочных центров, хотя и позволило выявить основные хромофоры, но причинно-следственные однозначные зависимости выявлены ещё недостаточно. Скорее всего, имеют место взаимовлияния.

К настоящему времени принято считать, что синие, голубые, зелёные, жёлтые, оранжевые, бурые, коричневые, вплоть до черного, цвета железосодержащих турмалинов обусловлены примесью различных форм железа, ассоциирующих с титаном, кислородом, соотношением разновалентных ионов этого элемента. Центрами окраски могут быть: ионы Fe^{2+}, обменно связанные пары с электрон-электронными переходами Fe^{2+} и Fe^{3+}, полосами переноса зарядов $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+}$, $Fe^{2+} \rightarrow Ti^{4+}$, $O^{2-} \rightarrow Fe^{3+}/Fe^{2+}$. Полагают, что розовая и красная окраска обусловлена примесью Mn^{2+} или Mn^{3+} или с электронно-дырочными центрами O^{2-}. Изумрудно-зелёные турмалины окрашены Cr^{3+} или Fe^{2+}. Наиболее ценные рубиново-красные турмалины тоже, возможно, получили свою окраску от примеси трёхвалентного хрома. Это предположение требует доказательств. Синюю окраску связывают с присутствием примесей Fe^{3+}, Fe^{2+}, Ti^{3+}, Mn^{2+}, Mn^{3+}, Cr^{3+} в различных соотношениях [Минералы, 1981], а оттенки синего цвета – с соотношением этих примесей.

В полихромных турмалинах (см. рис. 59–60) порядок смены окраски последовательно образованных зон обусловлен соотношением концентраций указанных хромофорных элементов и возможностью вхождения в структуру растущего кристалла тех из них, относительно которых минералообразующая система пересыщена. При этом её физико-химические характеристики определяют возникновение их форм, вхождение которых в неё энергетически наиболее выгодно.

Другие оптические свойства. Прозрачность кристаллов широко варьирует. Наименее прозрачны обогащённые железом разновидности. Показатели преломления турмалинов также широко варьируют в зависимости от их химического со-

става (см. табл. 9): N_e 1,610–1,743, N_o 1,632–1,800. N_o–N_e = 0,016–0,080. Оптически одноосный, отрицательный. Дисперсия 0,017. Люминесценция не типична для турмалина. Исключение составляют розовые турмалины, светящиеся в ультрафиолетовых лучах голубым, а также золотисто-жёлтые, коричневые и зелёные, светящиеся жёлтым (254 нм).

Рис. 59. Полихромный турмалин. Жила Полиминеральная. Минералогический музей им. А. В. Сидорова ИрГТУ [по: Вахромеева и др., 2010]. Фото А. С. Шевелелва. С разрешения авторов

Рис. 60. Срез продольно-зонального кристалла. Внутренняя зона сложена ярко-жёлтым дравитом, а внешняя рубеллитом. Попречное сечение кристалла 40×30 мм. Малханское месторождение. Жила Соседка. Фото Чарчогляна

Рис. 61. Сросток зональных кристаллов турмалина. Внутренняя зона представлена рубеллитом, а внешняя – оливково-зелёным дравитом. Малханское месторождение. Жила Соседка. 110×64 мм. Фото Чарчогляна

Другие физические свойства. Турмалин – один из самых сильных пьезоэлектриков, с чем связано было его использование в качестве датчиков давления. Он является также одним из наиболее мощных пироэлектриков. Блеск стеклянный. Плотность 2,82–3,32 г/см^3. Твёрдость по шкале Мооса 7–7,5.

Микротвёрдость 1070–1626 кгс/мм^2 при нагрузке 100 гс. Она возрастает в ряду эльбаит – дравит – шерл. Спайность неявная, излом мелкораковистый, часто проявляемый в виде отдельности, перпендикулярной удлинению кристаллов. По трещинам отдельности большинство кристаллов легко разламываются, что является наиболее обычным их дефектом.

Таблица 9

Состав и физические свойства ювелирных турмалинов

Название	*Химическая формула*	*Цвет*	*Показатели преломления*		$n_o - n_e$	*Плотность, г/см3*
			n_o	n_e		
Эльбаит	$NaLiAl_8Si_6B_3O_{28}\times(OH)_2F$	Бесцветный, розовый, жёлтый, зелёный, полихромный, голубой, синий	1,640–1,655	1,615–1,620	0,017–0,024	3,03– 3,10
Лиддикоатит	$Li_2CaAl_7Si_6B_3O_{27}\times(OH)_3F$	Коричневый, зелёный	1,637	1,621	0,016	3,02–3,08
Дравит	$NaMg_3Al_6Si_6B_3O_{27}\times(OH)_4$	Коричневый, жёлтый, зелёный	1,635–1,661	1,610–1,632	0,021–0,026	3,03–3,15
Увит	$CaMg_4Al_5Si_6B_3O_{27}\times(OH)_3F$	Зелёный, коричневый, чёрный	1,632–1,638	1,612–1,621	0,017–0,020	3,05
Шерл	$NaFe_3Al_6Si_6\times B_3O_{27}\times(OH)_4$	Чёрный	1,655–1,675	1,625–1,650	0,025–0,035	3,10–3,27
Бургерит	$NaFe^{3+}Al_6Si_6B_3O_{30}\times F$	Коричневый, чёрный с коричнево-красной иризацией	1,735	1,655	0,080	3,31

5.4.3. Геммологические особенности турмалина

Среди турмалинов по преимущественной окраске выделяют ювелирные и коллекционные их разновидности, представленные в табл. 10. Торговые названия в основном турмалины получили давно, когда ещё не были расшифрованы их химические составы и структуры. Поэтому они не всегда точны, но использование их в коммерческой геммологии вполне оправдано.

Таблица 10

Цветные разновидности ювелирных турмалинов

Название	*Химическая формула*	*Окраска*	*Ювелирная разновидность*
Эльбит	$NaLiAl_8Si_6B_3O_{28}\times(OH)_2F$	Бесцветный, розовый, жёлтый, зелёный, полихромный, голубой, синий	Ахроит Рубеллит Верделит Индиголит
Лиддикоатит	$Li_2CaAl_7Si_6B_3O_{27}\times(OH)_3F$	Коричневый, зелёный	Рубеллит Верделит
Дравит	$NaMg_3Al_6Si_6B_3O_{27}\times(OH)_4$	Коричневый, жёлтый, зелёный	Дравит
Увит	$CaMg_4Al_5Si_6B_3O_{27}\times(OH)_3F$	Зелёный, коричневый, чёрный	Верделит Дравит Шерлит
Шерл	$NaFe_3Al_6Si_6\times B_3O_{27}\times(OH)_4$	Чёрный	Шерл
Бургерит	$NaFe^{3+}Al_6Si_6B_3O_{30}\times F$	Коричневый, чёрный с коричнево-красной иризацией	Бургерит Шерл

В ювелирном деле используются преимущественно прозрачные турмалины эльбаитового и дравитового ряда, реже – увит и тсилаизит.

Геммологические особенности турмалина обусловлены прежде всего строением его кристаллов. Существенное влияние на пригодность кристаллов для фасетной огранки имеет прозрачность, трещиноватость и зональность окраски. Применяются разные формы огранки. Она зависит как от габитуса кристаллов, так и форм бездефектных блоков, вырезаемых из кристаллов. Вследствие сильного плеохроизма тёмные камни следует шлифовать таким образом, чтобы площадка была параллельна главной оси. У светлых камней, наоборот, она должна быть перпендикулярна ей, чтобы гранёная вставка имела максимальную глубину проникновения света и интенсивность окраски (см. рис. 62). Многие турмалины даже обработанные в виде кабошона выглядят весьма эффектно. Нередко гранят совершенно непрозрачные чёрные шерлы, в которые вправляют мелкие самородки золота.

Одним из всемирно известных уникальных изделий из цельного кристалла рубиново-красного турмалина является подвеска в виде красной ягоды, известная как «Большой рубин». Лишь после специального исследования, проведённого А. Е. Ферсманом, стало ясно, что уникальное украшение, хранящееся в Алмазном фонде России, изготовлено из турмалина (см. рис. 63).

Рис. 62. Ограненные турмалины Малханского месторождения [по: Загорский и др., 2011]. С разрешения дирекции ЗАО «Турмалхан»

Рис. 63. «Большой рубин», или «Рубин Цезаря». Резной турмалин в виде удлинённой ягоды-малины. Масса 255 карат. Алмазный фонд России [по: Корнилов, Солодова, 1986]

5.4.4. Условия образования

Ювелирный турмалин, как берилл и топаз, в основном находится в минеральных ассоциациях, образующихся в пегматитовом процессе. Однако не во всех типах пегматитов они достаточно широко развиты. Если шерл, дравит и оленит образуются как в топаз-берилл-мусковитовых пегматитах, так и грейзенах, метаморфических горных породах, скарнах, рудоносных кварцевых жилах, то эльбаиты, тсилаизиты, лиддикоатиты, оленит-эльбаиты образуются исключительно в лепидолит-кварц-микроклин-альбито-олигоклазовых пегматитах. При этом пегматиты, наиболее продуктивные на ювелирный турмалин, будучи продуктами дифференциации гранитной магмы, почти всегда находятся в полях развития биотит-амфиболовых ортосланцев, метадиоритов, кварцевых метадиоритов или метаморфизованных габброидов.

Турмалин в таких пегматитах тесно ассоциирует с альбитизированным микроклином, голубым клевеландитом, представленным как альбит-олигоклазом, так и олигоклазом, лепидолитом, реже – поллуцитом, датолитом, данбуритом, гамбергитом. Берилл здесь обычно представлен воробьевитом. Все жилы имеют разного совершенства зональное строение. Турмалин находится в полостях-миаролах, размеры которых могут варьировать от первых сантиметров до первых метров, иногда – более.

Температуры образования турмалинов, по данным измерения температур гомогенизации флюидных включений, для цветных турмалинов из пегматитов Урала не превышают 310 °С, Борщовочного кряжа составляют 260–270 °С, а в турмалинах Криворожья 320–360 °С [Минералы, 1981]. Однако эти температуры, скорее всего, приблизительные и заниженные.

5.4.5. Области использования и цены

Главной областью использования турмалина является ювелирная промышленность. Бездефектные кристаллы и их фрагменты подвергают фасетной огранке, в разной степени дефектные кристаллы и слабо просвечивающие подвергают

кабошонированию и галтовке. Разработаны принципиальные технологии получения из турмалина соединений бора для промышленных целей. Но целесообразность их практического использования в настоящее время экономически нерентабельна. Турмалин обладает линейными пьезо- и пироэлектрическими свойствами. Он не растворим в кислотах, прочен при механических воздействиях, достаточно термоустойчив. Поэтому он может быть использован в качестве высокочувствительного и точного пироэлектрического термометра (особенно для измерения высоких температур), в качестве радиационного детектора, для измерения гидростатического давления, производимого при взрывах в воздухе и под водой, а также при ядерных взрывах, в электродвигателях для преобразования электрической энергии в механическую и в генераторах, превращающих механическую энергию в электрическую. Турмалин может быть использован как компонент специального концентрата защиты ядерного реактора, как лазерный детектор радиационного излучения, как детектор треков – для разделения тяжёлых ионов.

Качество кристаллосырья определяется ГОСТами и ОСТами. Цены на сырьё и огранённый материал широко варьируют и меняются во времени в зависимости от предложения и моды. Например, найденные в Бразилии (шт. Минас-Жерайс) в 1980-х гг. рубеллиты были оценены в 100 долл. США за карат, а вся находка – в 30 млн долл. [Корнилов, Солодова, 1986]. Цены на огранённые турмалины на рынке США 1980-х гг. представлены в табл. 11, 12.

Таблица 11

Цены за 1 карат турмалина в огранке

Масса камней, кар	*Цена долл./кар*	*Разновидность турмалина*
1–3	50–120	Рубеллит
1–5	35–75	Оранжево-красный
5–10	30–250	Зелёный верделит
1	60–120	Зелёный хромсодержащий
2–5	150–375	Чернильно-синий
1–5	40–250	Индиголит

Таблица 12

Цены на турмалин ручной фасетной огранки (камни не калиброванные, долл. США)

Цвет	*Вес, карат*			
	< 1	*1–2*	*2–3*	*3+*
Розовый, малиновый (рубеллит)	10	10–20	15–30	20–50
Зелёный (болотный)	8	8–18	10–25	10–40

Достаточно высока стоимость коллекционного материала. Некоторые образцы турмалина в ассоциации с кварцем, клевеландитом, поллуцитом продаются на выставках по цене от сотен до десятков тысяч долларов за экземпляр. Отдельные кристаллы длиной до 30–40 мм в зависимости от прозрачности и целости рёбер и головок продают по ценам от 20–30 долл. США за штуку.

5.4.6. Промышленно-генетические типы месторождений ювелирного турмалина

В Забайкалье известны лишь два промышленно-генетических типа ювелирного турмалина: пегматитовый и россыпей, связанных с выветриванием таких месторождений. Среди пегматитов носителями цветного ювелирного турмалина являются миаролоносные и бесполостные. Последний тип даёт лишь россыпи, из которых кондиционный турмалин высвобождается в результате их выветривания.

5.4.7. Способы добычи

Турмалин, как и другие ювелирные камни, встречается как в коренном залегании, так и в россыпях. Но, в отличие от корунда, берилла и топаза, будучи более хрупким, он при неоднократном перемыве рыхлых отложений довольно быстро разрушается. Поэтому главная масса его добывается из миароловых пегматитов с использованием подземныъх выработок и карьеров. При этом в зависимости от форм и размеров пегматтовых тел, а также плотности их распределения в пегматитовых полях, горно-геологических условий их залегания разработка ведётся либо штольнями, неглубокими шахтами или шурфами с рассечками, а также карьерами. Последние предпочтительнее. Подземные горные выработки используются, как правило, на начальных стадиях изучения месторождений с попутной их отработкой, позволяющей получить надёжную информацию о сторении пегматитовых тел, элементах их залегания, формах и размерах, а также о содержании и качестве кристаллосырья. Маломощные крутопадающие тела предпочтительно отрабатывать подземными горными выработками. А мощные и пологозалегающие – карьерами с уступами не более 2 метров. Иногда целесообразно после проведения поисково-разведочных работ канавами, траншеями и подземными горными выработками, например, штольнями, промышленную разработку вести карьером. Такая система была применена к крутопадающей жиле Моховая Малханского месторождения. А отработка пологой мощной жилы Соседка проводится карьером. Карьер по жиле Соседка показан на рис. 64.

Рис. 64. Карьер на жиле Соседка, пройденный для её вскрытия и последующей разработки. 2007 г. [по: Загорский и др., 2011]. С разрешения дирекции ЗАО «Турмалхан»

Вскрыша производится с применением буровзрывных технологий, а отработка продуктивных зон и миарол – вручную. Предварительно бурятся шпуры по сети примерно 1,0×1,0 м (на Малханском месторождении – 0,6×0,6 м) глубиной до 0,5 м с последующим разрушением вмещающей породы с использованием невзрывных разрушающих средств и клиньев по технологии, разработанной Е. Т. Вороновым [Воронов и др., 2010]. Если вскрываются миаролы, то извлечение из них продуктивного материала и его разборка и сортировка производятся вручную.

5.4.8. Способы обработки турмалинов для ювелирных изделий

При обработке турмалина часто применяются ступенчатая огранка, фантазийная, реже бриллиантовая. Полихромные кристаллы гранят в виде таблиц. Для меньших потерь при огранке форма вставки выбирается в зависимости от формы бездефектного кристалла. Длинные и тонкие столбчатые кристаллы гранят в виде удлинённых таблиц, толстопризматические – в виде багета, субизометричных или прямоугольных вставок.

Бездефектные блоки слабо окрашенных кристаллов, площадка которых выбирается перпендикулярно удлинению, ограняются в виде щита, сердечка, треугольника. Турмалин, как и берилл, достаточно хрупок. Поэтому острые рёбра вставок притупляют дополнительными гранками. Примеры огранённых турмалинов приведены на рис. 62.

5.5. Горный хрусталь

5.5.1. Общие замечания

Под названием «горный хрусталь» издавна понимают прозрачные разновидности широко распространённого минерала кварца (SiO_2). Он составляет около 12 % от массы земной коры. Кристаллы горного хрусталя издревле почитались человеком. Он использовался уже в эпоху палеолита как ценнейшее сырьё для производства орудий труда, из него делали шилья для сшивания меха и кож, а также лезвия-вкладыши, применяемые как ножи. Кристаллы горного хрусталя использовали как великолепное украшение, как источник магической силы для защиты от всяких напастей. Ему посвящена огромная литература. Он детально описан во всех учебниках минералогии.

5.5.2. Состав и свойства

Структура и состав. Состав кварца, как следует из его химической формулы, кажется крайне простым. В нём всего два химических элемента: кислород и кремний. Но поскольку в природных процессах почти всегда участвуют многие химические элементы, кристаллы минералов во время роста всегда захватывают те или иные количества других, так называемых примесных, элементов. Кварц, несмотря на то, что он окисел, имеет каркасную структуру, типичную для силикатов. Основой её является кремнекислородный тетраэдр, формула которого не SiO_2, а SiO_4. Здесь каждый атом кремния окружён четырьмя атомами кислорода. Кварц в условиях поверхности земли в основном находится в кристаллах тригональной сингонии. Атомы Si, или SiO_4 – тетраэдры, расположены винтообразно вокруг тройных осей симметрии пространственной группы. При этом у одних кристаллов реализуется правый ход винта, а у других – левый, все кристаллы квар-

ца подразделяются на правые и левые, что отражается на положении граней тригональной пирамиды. Если они расположены в правом верхнем углу грани призмы, прилегающей к положительному ромбоэдру, то кристалл правый, а если в левом, то кристалл левый.

В структуре кварца имеются каналы, в которых могут размещаться OH_x-группы, а также различные катионы, такие как Na, H^+, Li, а также и их группы. При недостатке кремния и избытке алюминия, железа, титана и некоторых других элементов в узлы кристаллической структуры вместо кремния могут встраиваться алюминий, железо, титан и другие трёхвалентные катионы с образованием алюминий-кислородных, или титан-кислородных, железо-кислородных тетраэдров. При этом дефицит положительных зарядов может компенсироваться одновалентными катионами. Чаще всего ими являются натрий, несколько реже – литий, протон. Они находятся в междоузлиях или в каналах структуры кристалла, что и определяет особенности взаимодействия электромагнитных полей кристалла и светового потока. Последнее определяет цвет кристалла, существование цветовых разновидностей кварца.

Кварц обладает относительно высокой твёрдостью и легко полируется. Он пропускает ультрафиолетовые и существенную часть инфракрасных лучей. И поэтому используется в технике и приборостроении.

Формы кристаллов. Кварц кристаллизуется в гексагональной и тригональной сингониях. При этом гексагональный кварц образуется при температурах выше 573 °С, и его полиморфная модификация в отечественной литературе обозначается как ß-кварц, а тригональный, образующийся при температуре, меньшей этого значения, обозначается как α-кварц. В зависимости от этого образуются кристаллы, главными простыми формами которых являются гексагональная призма и в равной мере развитые большой и малый ромбоэдры (см. рис.65, *а, г*) или призматические тригональные кристаллы, на которых различно развиты большой и малый ромбоэдры и тригональная призма (см. рис. 65, *б*) или развит только большой ромбоэдр и тригональная призма (см. рис. 65, *в*). Кроме того, довольно часто встречаются разновидности призматических кристаллов с развитыми зонами тригонального трапецоэдра и ромбоэдров (см. рис. 67). Встречаются также видоизменённые формы призм и ромбоэдров (см. рис. 68). Для кристаллов кварца характерны также различные, чаще всего треугольные выпуклости в виде трёхгранных уплощенных пирамид на гранях ромбоэдров, являющихся вициналями. На гранях призм вицинали образуют уплощенные прямоугольные пирамиды.

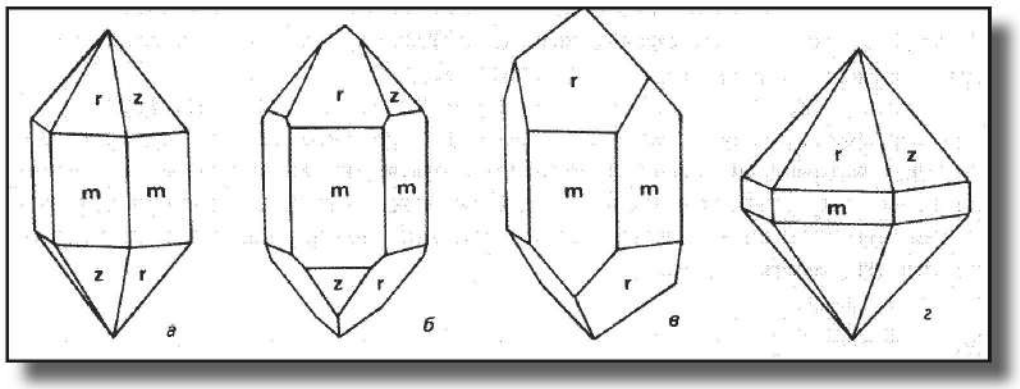


Рис. 65. Формы кристаллов кварца: *r* и *z* – грани ромбоэдров, *m* – грани призмы; *а* – гексагональный призматический кристалл с одинаковым развитием положительного и отрицательного ромбоэдров; *б* – преобладает положительный ромбоэдр *r*; *в* – развит только положительный ромбоэдр *r*; *г* – одинаково развитые положительный и отрицательный ромбоэдры с узким пояском граней призмы. Призма иногда вообще может отсутствовать

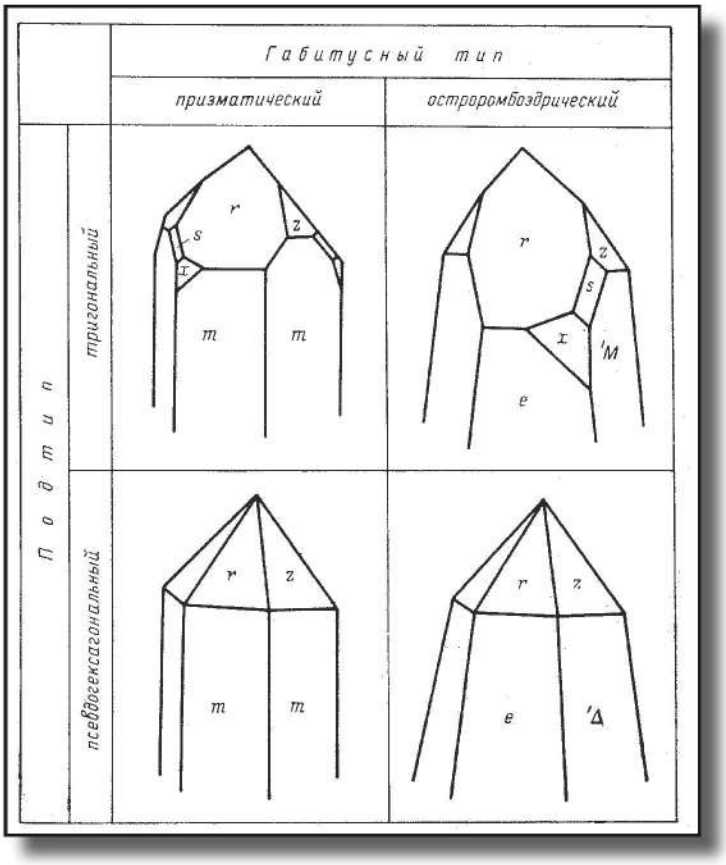


Рис. 66. Габитусные типы кристаллов кварца [по: Буканов, 1974]

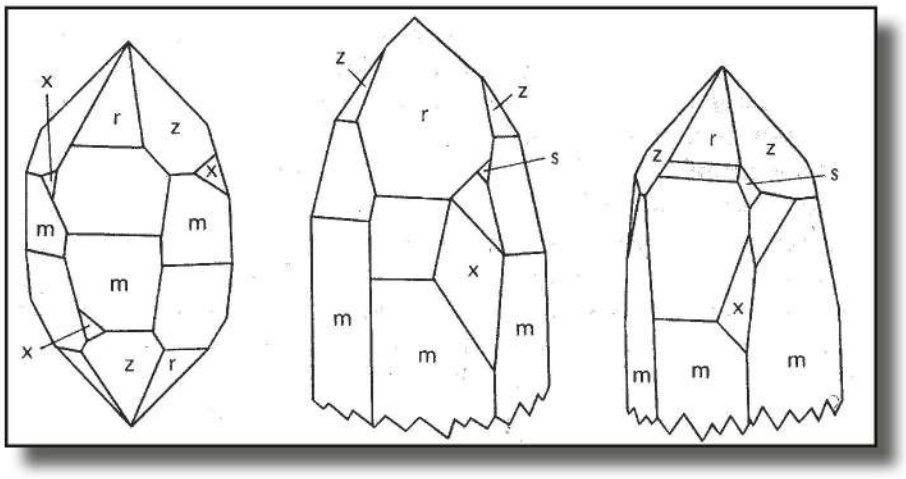


Рис. 67. Разновидности призматических кристаллов кварца с развитыми зонами тригонального трапецоэдра и ромбоэдров:
m – призма, *r* – положительный ромбоэдр, *z* – отрицательный ромбоэдр, *x* – тригональный трапецоэдр, *s* – тригональная пирамида [по: О'Доноху, 1990]

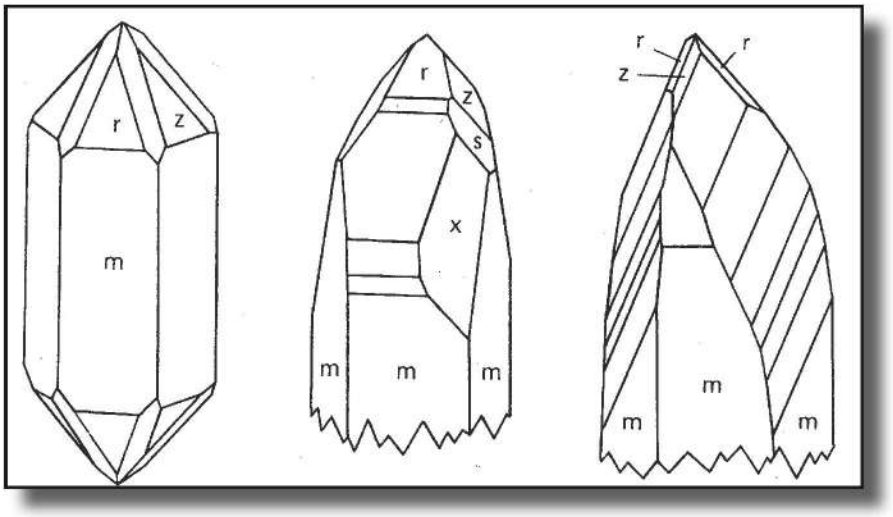


Рис. 68. Видоизменённые формы призмы и ромбоэдров:
z – отрицательный ромбоэдр, *x* – тригональный трапецоэдр, *s* – тригональная пирамида
[по: Одоноху, 1990]

Важной особенностью остроромбоэдрических тригональных кристаллов кварца является их обелисковидность (см. рис. 66). Эти кристаллы отличаются тем, что три из чередующихся граней, образующих зону призмы, имеют форму прямоугольников, а три других – острых треугольников. В результате весь кристалл принимает облик обелиска. При этом головка кристалла, образованная ромбоэдрами, чаще всего бывает небольшой. Такой формой обладают кристаллы горного хрусталя из гидротермальных жил, но нередко они бывают дымчатыми или аметриновыми, как в жилах Шерловой Горы. Нередко у таких кристаллов грань призмы вообще отсутствует. Для пегматитов чаще характерны призматические кристаллы.

Кварц относится к минералам, образующим гигантские кристаллы. Самый крупный кристалл кварца на планете был обнаружен в полости длиной до 14 м в хрусталеносном погребе под кварцевым ядром камерного пегматита в пегматитовом поле Ак Джайляу (Белое Пастбище) в хребте Северо-Западный Тарбагатай в Семипалатинской области Казахстана в 1958 г. [Юргенсон, 1961]. Призматический кристалл имел длину 7 м при поперечнике 2,2 м между рёбрами призмы и 1,8 м между гранями призмы (см. рис. 69).

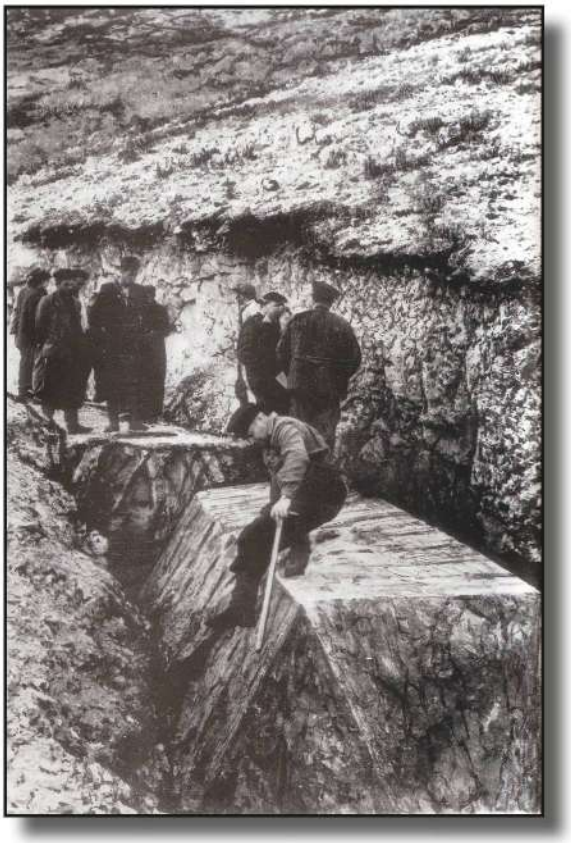


Рис. 69. Гигантский кристалл кварца
[по: Самсонов, Туринге, 1985]

Рис. 70. Кристалл дымчатого кварца, Золотая Гора

Крупные кристаллы кварца были добыты из миароловых пегматитов месторождения Кварцевая Гора (см. рис. 70).

Зональность. Внутреннее строение кристаллов кварца, особенно окрашенных (дымчатых, цитринов, аметистов) отличается довольно сложной зональностью, обусловленной особенностями их роста. Зоны располагаются концентрически, параллельно определённым граням кристаллов. Такая зональность хорошо видна на поперечных срезах дымчатых кристаллов. Присуща она также и кристаллам горного хрусталя, но заметить её можно лишь на срезах кристаллов, облучённых рентгеновскими лучами. Обычно зональность строения кристаллов чётко видна в форме и порядке чередования различно окрашенных зон. Схемы типичной зональности кристаллов кварца на примере анатомии их строения выявлены В. В. Букановым из месторождений Приполярного Урала и показаны на рис. 66. Они соответствуют двум типам распределения примесей, обусловливающих окраску кристаллов: секториальной и зональной. Секториальная окраска распределена неравномерно. У дымчатых кристаллов псевдогексагональный габитус. Пирамиды нарастания основных ромбоэдров окрашены интенсивнее, чем пирамиды нарастания призм. А у кристаллов тригонально-остроромбоэдрического габитуса природная дымчатая окраска приурочена к грани призмы.

В кристаллах аметиста окраска локализуется только в пирамидах нарастания граней малого ромбоэдра. В нём след перемещения поверхности нарастания ребра между призмой и отрицательным ромбоэдром отображается дымчатой окраской. В тригонально-остроромбоэдрических дымчато-цитриновых кристаллах цитриновая окраска приурочена к рёбрам между пирамидами роста граней положительного ромбоэдра [Буканов, 1974]. В кристаллах с чередованием цитриновой и аметистовой окраски наблюдается чередование треугольных зон аметистовых и цитриновых в соответствии с указанными закономерностями локализации в секторах роста соответственно малых и больших ромбоэдров. При этом нередко создаётся впечатление как бы плавания фиолетовых или сиреневых небольших секторов на цитриновом фоне. Формы их могут быть причудливыми, как это показано на рис. 71.

1 2 3

Рис. 71. Строение кристаллов аметринового кварца. Сложная секториально-блочная зональность дымчатой цитриновой и серо-аметистовидной окраски: 1 – срез поперёк оси *c*; ритмично-зональное распределение дымчатой (внутренняя ранняя часть), серо-сиреневой и лимонно-жёлтой цитриновой окраски; 2 – срез по оси *c* и сложносекториальное распределение дымчато-цитриновой и дымчато-аметистовой; 3 – срез поперёк оси *c*. Шерловая Гора. Натуральная величина

Кристаллы с зональным ростом характеризуются тем, что в призматических кристаллах с гексагональным развитием вершин она формируется в начале их роста. В призматических кристаллах с тригональным развитием вершин в тригонально-остроромбоэдрических кристаллах зональная окраска распространена по всему их объёму или концентрируется ближе к приграненным частям, сгущаясь к завершению роста. В остроромбоэдрических кристаллах с гексагональной вершиной нередко частота смены зон уменьшается к периферии. Поскольку зональность кристаллов кварца отображается сменой окраски, её распределение учитывается при выборе типа их огранки с целью получения максимального цветового эффекта и игры.

5.5.3. Разновидности кварца и природа их окраски

В природе известно много разновидностей кварца. В данной работе рассматриваются только кристаллические его разновидности, образующие макрокристаллы. В качестве ювелирного сырья используются бесцветный горный хрусталь, дымчатый кварц, в течение долгого времени называвшийся раухтопазом, сиреневый или фиолетовый различных оттенков аметист, жёлтый различных оттенков цитрин, довольно редкие зелёный (иногда называемый праземом) и зеленовато-бурые кристаллы кварца. Очень редки кристаллы красного цвета. Особой разновидностью кварца является аметрин, кристаллы которого двуцветны и состоят из чередующихся зон аметиста и цитрина. Весьма редки кристаллы розового кварца, отличающегося от жильного розового кварца природой окраски. Особой, довольно часто встречающейся в природе чёрной разновидностью кристаллов кварца является морион.

Окраска кварца аллохроматическая и обусловлена входящими в него примесями или вакансиями кремния или кислорода. Они могут входить в него как в виде тончайших механических включений, так и изоморфных, замещая алюминий. Основным красителем кварца, как и многих минералов, является железо, примеси которого могут находиться в нём в различных формах. Дымчатая окраска кварца возникает в кристаллах с дефицитом четырёхвалентного кремния, замещённого на трёхвалентный алюминий с компенсацией дефицита положительного заряда натрием при природном радиоактивном облучении. Источниками радиоактивного излучения в природе могут быть уран, торий или радиоактивный изотоп ка-

лия – ^{40}K, который всегда присутствует в кали-натровых полевых шпатах или слюдах, являющихся породообразующими минералами гранитов, в которых находятся пегматитовые тела, содержащие различной интенсивности окрашенные кристаллы дымчатого кварца.

Дымчатую окраску кварцу можно придать и в лабораторных условиях, облучив его рентгеновскими лучами или излучением какого-либо радиоактивного изотопа. Дымчатая окраска возникает при условии, что в кристалле реализован гетеровалентный компенсационный изоморфизм кремний-алюминий. Дымчатым в этих условиях может стать также и бесцветный горный хрусталь, если в нём реализован этот вид изоморфизма, но в природных условиях не было источника радиоактивного излучения.

Правда, некоторые физики считают, что дымчатая окраска может возникнуть и в алюминий замещённом кварце с компенсатором недостающего положительного заряда в виде лития. Но эта точка зрения не общепринята. Аметистовая фиолетовая окраска возникает при замещении кремния на трёхвалентное железо с компенсацией недостатка положительного заряда литием, но и в этом случае для её возникновения необходимо радиоактивное облучение. Кроме того, по данным ИК-спектроскопии во всех изученных аметистах присутствуют ОН-группы, приуроченные к кислородам тетраэдров. По другим данным (Природный… , 1985), прямых ЭПР-данных о присутствии щелочных элементов в аметисте нет, а роль зарядовых компенсаторов могут выполнять междуузельные ионы Fe^{3+}, преобразующиеся в ионы Fe^{2+} вследствие гамма-облучения.

Особенностью состояния железа в кристалле аметиста является, как полагают физики, изучившие оптические спектры поглощения в видимой и ультрафиолетовой областях и ЭПР-спектры, переход от двухвалентного в четырёхвалентное. В аметисте после облучения поглощение в ультрафиолетовой области (УФ) сдвигается в длинноволновую область, и переход 360 нм наблюдается на фоне интенсивного поглощения в области 280–300 нм. Полагают, что «…поглощение в УФ связано как с образованием при облучении электрон-захватывающих центров, так и с полосой переноса ионов Fe^{4+}». Поглощение в области 930 нм связывают с электронными переходами с расщеплением уровней состояния ^5T для междуузельного Fe^{2+} на подуровне единственного квинтетного состояния ^5E. Образование таких ионов возможно путём захвата электронов, появляющихся при образовании ионов Fe^{4+} в процессе облучения. Определено, что аметистовая окраска является аномально-плеохроичной, что обусловлено неравномерным заселением центров окраски (Fe^{4+}) кристаллографически эквивалентных кремнекислородных тетраэдров [Природный… , 1985].

При различных вариациях дефектов структуры кварца, обусловленных замещением кремния на алюминий или трёхвалентное железо, возникает жёлтая, лимонно-жёлтая окраска, и такой кварц называется цитрином (от *citrus* – «лимон»). Цитрин может возникнуть также в алюминий-замещённом кварце, в котором в качестве компенсаторов зарядов могут выступать литий или протон.

Очень редко в кристалле во время его роста в разных секторах образуются цитрин и аметист. Эти секторы чередуются с образованием секториальной стркутуры, проявляющейся на срезах кристалла кварца, перпендикулярных оси *c* (см. рис. 71). Такой кварц, как сказано выше, получил название «аметрин». Аметистовый цвет обычно виден в области главного ромбоэдра, а цитриновый – малого. По данным Нассау [О'Доноху, 1990], после облучения двухцветные кристаллы становились дымчатыми. При этом дымчатость аметистовой окраски была сильнее. При нагреве образца до 350 °С дымчатость исчезала, но аметистовая окраска не становилась ярче. Такие же кристаллы обнаружены нами в некоторых жилах Шер-

ловой Горы (Юргенсон, 2014; Юргенсон, Кононов, 2014). Нередко распределение секторов неравномерно, и они могут иметь причудливые формы, например, напоминая формы стрекозы (см. рис. 71, *3*). Кристаллы кварца нередко имеют ритмичную зональность, которая хорошо проявляется при его огранке.

Широко развита ещё одна разновидность кварца, называемая «морион». Он чёрного или почти чёрного цвета, непрозрачен и лишь иногда просвечивает в тонких краях. Блеск стеклянный смолистый. Почти полное поглощение света кристаллами такого кварца обусловлено присутствием E^1-центра, представляющего собой дефект-комплекс, включающий вакансию кислорода и дефект электронной структуры кварца, являющуюся не заполненной электроном, связывающую кремний-кислород орбиталь.

Относительно редко встречаются кристаллы кварца зелёного цвета различных оттенков. Их окраска связана примесью двухвалентного железа. Такие кристаллы нередко могут представлять собой выцветшие аметисты. Иногда, например, в хрусталеносных жилах Памира [Природный… , 1985] встречаются жёлто-зелёные цитрины, в которых наряду с трёхвалентным железом присутствует двухвалентное. В качестве компенсаторов зарядов в них присутствуют протон и литий. В жилах Памира встречаются аметисты с одной полосой поглощения в ИК-спектре в области 3585 $см^{-1}$. В них полос поглощения, связанных с присутствием натрия и лития, не наблюдалось, отмечались лишь OH(Al) дефекты.

Розовый кварц содержит центры Ti^{3+} (изотопы ^{47}Ti и ^{49}Ti) с компенсаторами зарядов в виде ионов (Li, Na) и H [Weeks, 1963]. Они хорошо проявляются на ЭПР-спектрах, как установила М. Я. Щербакова [Природный… , 1985]. Кроме того, бледно-фиолетовая окраска, переходная к розовой, обусловлена также замещением кремния на фосфор [Природный…, 1985]. Подобный кварц был выращен В. С. Балицким, экспериментально доказавшим правильность такого вывода.

Особенности двойникования. Кристаллы кварца довольно часто сдвойникованы. Двойники представляют собой комбинации сросшихся двух или более кристаллических индивидов, определённым образом ориентированных друг относительно друга в соответствии с определённым законом двойникования. Двойники подразделяют на два класса: 1) двойники, в которых каждый индивид связан с остальными параллельностью осей (двойники прорастания), и 2) двойники с осями индивидов, наклонёнными один относительно другого на некоторый угол (двойники срастания). Двойники прорастания встречаются очень часто. Один из типов двойникования с параллельным взаиморасположением осей называется дофинейским. В нём индивиды геометрически связаны между собой поворотом на 180° вокруг оси *c*, и оба относятся к правому или левому типу кристаллов. Эти двойники почти всегда взаимопроникающие (см. рис. 72–73). Однозначно определить тип двойникования по дофинейскому закону можно только по фигурам травления кристалла или его среза плавиковой кислотой. Бразильские двойники образуются в результате срастания взаимоотражённых граней призмы $\{1\bar{1}20\}$. Кристаллы кварца, сдвойникованные по этому закону, непригодны для использования в радиодеталях и оптических приборах и используются только в ювелирном деле.

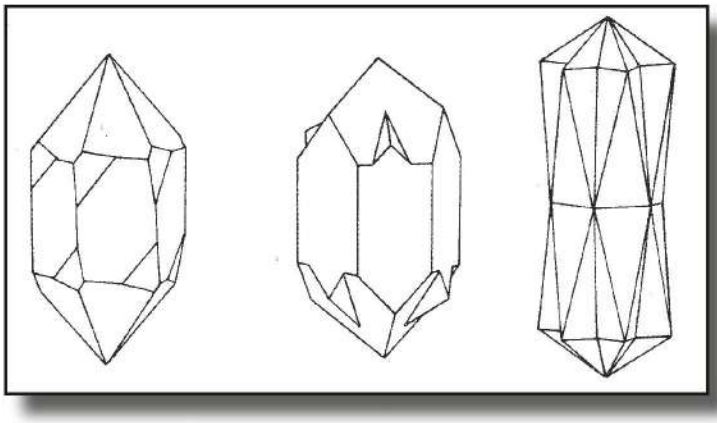


Рис. 72. Двойники по бразильскому закону

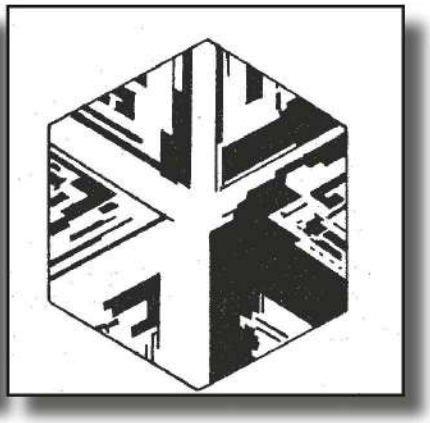


Рис. 73. Двойники по дофинейскому закону

Макроскопически эти двойники характеризуются ступенчатой, прерывистой штриховкой граней призмы и ориентированы перпендикулярно оси *c* кристалла. Поверхность травления показана на рис. 73. Японские двойники относятся к контактному типу, в котором срастающиеся индивиды наклонены на 84°33′ друг к другу, а плоскостью срастания служит $(11\bar{2}2)$.

5.5.4. Геммологические свойства

Поскольку кристаллы кварца обладают пьезоэлектрическими и особыми оптическими свойствами (они прозрачны для ультрафиолетовой и инфракрасной частей спектра), далеко не все совершенные индивиды используют для ювелирных целей. Для ювелирных целей используют кристаллы, как правило, непригодные для технических нужд. Кристаллы, сдвойникованные по дофинейскому и японскому законам, могут быть использованы в оптике, а огранке могут подлежать любые прозрачные и бездефектные кристаллы кварца. Огранка горного хрусталя обычно фантазийная, если форма обломка произвольная и круглая, нередко бриллиантовая. Аметист ограняют также в виде округлых или овальных вставок, а цитрину чаще всего придают ступенчатую прямоугольную форму. В связи с тем, что кварц хрупок, острые углы, как и у вставок изумрудов, притупляют. Аметрин гранят таким образом, чтобы выделить фиолетовые и жёлтые его части. Обычно это прямоугольные ступенчатые вставки.

5.5.5. Условия образования

Кварц относится к полигенным минералам. Он образуется в широком диапазоне физико-химических характеристик минералообразующих систем – от низких температур и условий атмосферного давления до магматических расплавов. Верхний температурный предел образования ß-кварца – около 867 °С. Затем он переходит в кристобалит, тридимит и более высокотемпературные модификации SiO_2. Поскольку кварц один из главных породообразующих минералов гранитоидов, основная его масса имеет магматическое происхождение. Магматическое происхождение имеет жильный кварц ядер пегматитовых тел, где он представлен параморфозами α-кварца по ß-кварцу. Основная масса кристаллов кварца ювелирного качества в камерных пегматитах находится в так называемых хрусталеносных погребах или полостях под кварцевыми ядрами. Принято считать, что эти полости образуются в результате растворения нижней или верхнебоковой части кварцево-

го ядра остаточными растворами, формирующими раствор-расплав, обогащённый кремнезёмом, из которого кристаллизуются разного совершенства кристаллы кварца. Эти кристаллы редко бывают бесцветными. Обычно они имеют различной степени интенсивности дымчатую окраску, а в тех случаях, когда в растворе-расплаве присутствует двухвалентное железо, они зеленовато-дымчатые. Развиты здесь и цитрины. Окраска в кристаллах распределена зонально. Нередко в пегматитах на последних стадиях формируются скипетровидные кристаллы сиреневого цвета или настоящий аметист.

Образуется кварц и в гидротермальных хрусталеносных жилах. В них он часто представлен горным хрусталём. Здесь развиты также от светло- до тёмно-дымчатых кристаллы хорошего пьезооптического качества. В жилах апогранитных грейзенов, подобных развитым на Шерловой Горе, кварц образуется одним из последних, после берилла и до топаза или близко одновременно с топазом последних генераций. Температурный диапазон образования его кристаллов находится в пределах 400–130 °С. При этом морион кристаллизуется при высоких температурах, а светло-дымчатый и почти бесцветный кварц образуется при относительно низких температурах. В диапазоне 300–200 °С формируется аметрин.

5.5.6. Области использования и цены

Кварц относится к важному виду горнотехнического сырья, так как обладает физическими свойствами, определяющими его широкое использование в радиотехнической промышленности, где вырезанные из него пластинки играют роль стабилизаторов радиоволн в радиостанциях. Пьезоэлектрические колебания применяются также для стабилизации частоты генераторов электрических колебаний в радиотехнике и в других технических устройствах. Если поместить кварцевую пластинку между пластинами конденсатора и создать между пластинами переменное напряжение, то при частоте электрических колебаний, совпадающей с одной из собственных механических частот пластинки, наступает механический резонанс, и в пластинке возникают очень сильные механические колебания. Такая кварцевая пластинка является мощным излучателем волн сверхзвуковой частоты (кварцевые излучатели), используемых в технике, биологии и медицине, а также в многочисленных физических и физико-химических исследованиях. Кварцевые электромеханические преобразователи применяются в разнообразной электроакустической и измерительной аппаратуре. К ним относится пьезоэлектрический микрофон и телефон, пьезоэлектрический адаптер в электрических проигрывателях патефонных пластинках, манометры, измерители вибраций и другие области. Поскольку кварц пропускает ультрафиолетофую и инфракрасную части спектра, он широко используется в различных оптических приборах, а также для изготовления ламп-источников ультрафиолетового излучения, в частности, для обеззараживания воздуха.

Ювелирный кварц относится к относительно недорогим самоцветам. Среди них наименьшими ценами характеризуются бесцветные и дымчатые камни. Самый дорогой из них аметрин. Цены на ограненные вставки массой (карат): 16,3 – 14 150 р., 27,37 – 53 500 р., 29,5 – 56 300 р. Огранённые вставки аметистовые массой 13 карат стоят 15 600 р. Гранёные вставки дымчатого кварца массой 16,6 карат стоят 6400 р., 25 карат – 38 000 р., 47 карат – 67 000 р.

ГЛАВА 6. МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ ЮВЕЛИРНОГО БЕРИЛЛА, ТОПАЗА, ТУРМАЛИНА И КВАРЦА В ЗАБАЙКАЛЬЕ

6.1. Промышленно-генетические типы месторождений

Ювелирные берилл, топаз, турмалин и кварц, как показано выше, образуются в довольно широком интервале геологических условий и встречаются во всех типах пегматитов, а берилл и топаз также в грейзенах и в гидротермальных жилах. Они образуются в результате эволюции остаточных расплавов гранитной магмы, водно-силикатных расплавов или растворов-расплавов, обогащённых летучими (F, Cl, B, CO_2, N, S), рудными (Fe, Mn, Be, Sn, W, Nb, Ta, Bi, Mo, Pb, Zn, Ag, Sc, In и др.) и щелочными (Na, Cs, Li, Rb, K) элементами. Температурный диапазон кристаллизации – 700–130 °С.

Форма, размеры и дефектность кристаллов зависят от концентрации и консистенции минералогенерирующего флюида, режима РТХ, размеров полости, а также от скорости кристаллизации, состава и количественного соотношения примесей, режима открытости-закрытости системы.

Берилл, топаз, турмалин и кварц в различных соотношениях связаны с камерными и миароловыми микроклиновыми пегматитами, бириллоносными мусковит-топаз-кварцевыми грейзенами и миароловыми гранитами. Кроме того, промышленные месторождения красного берилла биксбиита, пока ещё не обнаруженные в Забайкалье, могут находиться в связи с поствулканическими образованиями в кислых эффузивах. Важное промышленное значение имеют элювиальные и элювиально-делювиальные россыпи, образующиеся при выветривании коренных месторождений всех генетических типов.

Основные промышленно-генетические типы месторождений этих камней в Забайкалье представлены в табл. 13.

Подытоживая, отметим, что известно всего четыре промышленно-генетических типа месторождений рассматриваемых ювелирных камней: гранитных пегматитов, апогранитных грейзенов, апокарбонатных грейзенов, гидротеральных жил и зон в кислых эффузивах и элювиальных и элювиально-делювиальных россыпей.

Таблица 13

Промышленно-генетические типы месторождений ювелирных берилла, топаза и турмалина

Минерал, разновидность	*Промышленно-генетический тип*	*Минеральная ассоциация*	*Пример месторождения*
Аквамарин, гелиодор, топаз, горный хрусталь	Пегматитовый Камерные пегматиты	Кварц, микроклин, клевеландит, шерл, берилл, топаз, флюорит	Адун-Челон, Сактуй
Аквамарин, гелиодор, топаз, шерл, верделит, индиголит	Миароловые пегматиты Кварц-микроклин-мусковитовые	Кварц, микроклин, альбит, адуляр, мусковит, гранат, турмалин, топаз, касситерит, берилл	Борщовочный Кряж, Адун-Челон
Цветной турмалин, морганит-воробьевит, горный хрусталь, топаз, данбурит, поллуцит	Кварц-альбит-олигоклаз-лепидолит-турмалиновые	Кварц, альбит-олигоклаз, клевеландит, микроклин, мусковит, лепидолит, турмалин, колумбит-танталит, берилл, гранат, данбурит, поллуцит, гамбергит, кукеит	Малханское, Саввateевское, Игнатьевское, Ургучанское и др.
Цветной турмалин, морганит-воробьевит, горный хрусталь, кунцит	Редкометалльные пегматиты	Кварц, микроклин, мусковит, сподумен, колумбит-танталит, амблигонит, клевеландит	Жила Полиминеральная, Завитинское
Берилл, аквамарин	Берилл-кварц-микроклин-мусковитовые бесполостные пегматиты	Кварц, мусковит, микроклин, берилл	Супруновское
Аквамарин, гелиодор, топаз, горный хрусталь	Миароловые граниты, грейзены	Кварц, топаз, берилл, касситерит, вольфрамит, висмутин, мусковит, флюорит	Шерловая Гора, Ушмунское

Особое место среди месторождений ювелирного берилла, представленного изумрудом, занимают гидротермальный и пегматит-грейзеновый промышленные типы. К первому относятся месторождения Колумбии и Афганистана (провинция Панджшер), а ко второму – месторождения Урала, Бразилии и Африки.

В связи с образующимися отвалами, содержащими неизвлечённые камни, выделяют ещё техногенные россыпи. Например, в пределах Шерловогорского месторождения, отрабатываемого на протяжении более 280 лет, образовались бериллои топазоносные техногенные месторождения, частично образованные в результате добычи вольфрамита, касситерита и бисмутита из россыпей, содержавших бериллovое и топазовое кристаллосырьё.

Рассмотрение отдельных месторождений и проявлений камнесамоцветного сырья проведено по принадлежности их к структурно-формационным зонам, положение которых в пределах территории Забайкалья дано на рис. 3 (с. 20).

Перспективные месторождения и проявления берилла и топаза в регионе относятся к формациям гранитных пегматитов, миароловых гранитов и апогранитных грейзенов, а турмалина – только к формации гранитных пегматитов. Горный хрусталь присутствует в тех или иных количествах во всех типах месторождений.

На территории Забайкалья известно около 170 месторождений, проявлений и минералогических находок этих камней, из них только четыре объекта, по которым числятся запасы. Они показаны на рис. 74. Это *Шерловогорское, Адун-Челонское,*

Малханское и Водораздельное. При этом промышленная разработка ведётся только Малханского месторождения цветного турмалина. На протяжении второй половины XIX и первой половины XX в. разрабатывалось Адун-Челонское месторождение. Эксплуатировались также Савватеевское, Золотая Гора и многие другие пегматитовые месторождения в Борщовочном кряже.

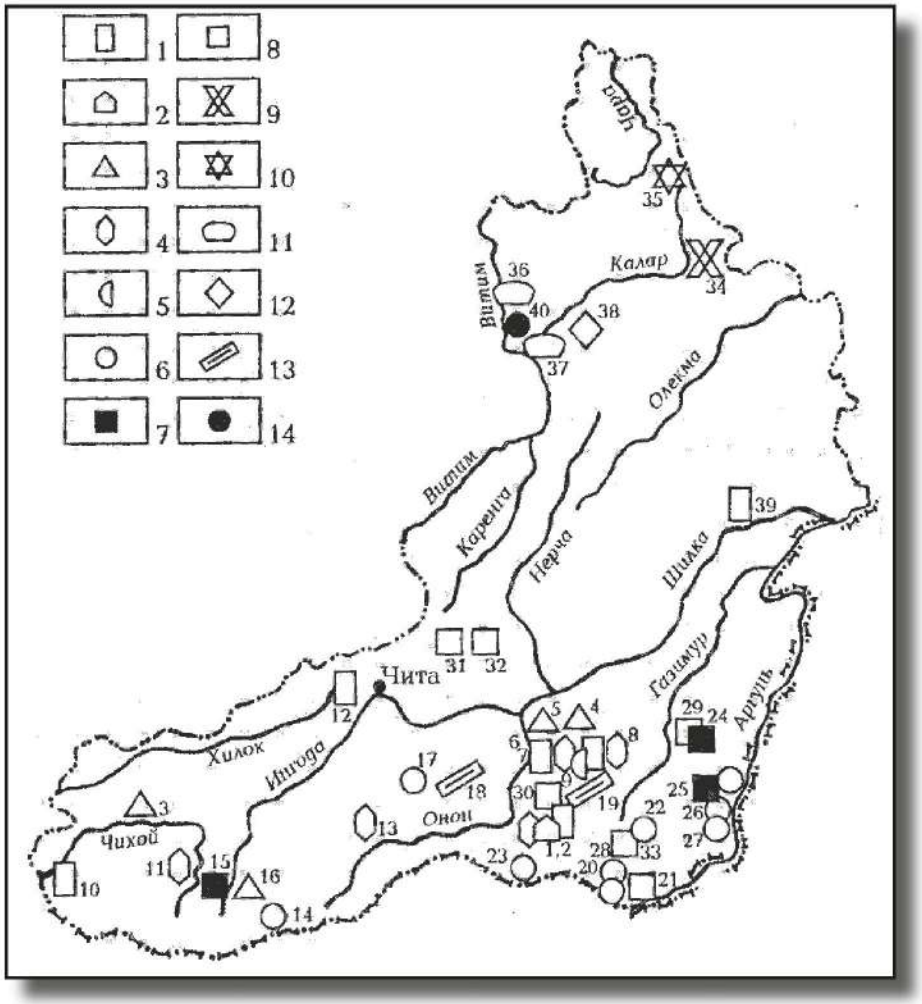


Рис. 74. Расположение промышленных месторождений и перспективных проявлений самоцветов Забайкальского края: 1 – берилл; 2 – топаз; 3 – турмалин; 4 – горный хрусталь; 5 – офиокальцит; 6 – агат, халцедон; 7 – яшма, яшмоид; 8 – флюорит; 9 – лабрадорит; 10 – алмаз; 11 – нефрит; 12 – шпинель; 13 – амазонит; 14 – огненный опал. Цифрами на карте края обозначены месторождения и проявления: 1 – Шерловая Гора; 2 – Адун-Челон; 3 – Малханское; 4 – Савватеевское; 5 – Кангинское (падь Сухая); 6 – Золотая Гора; 7 – Тулун; 8 – Киберевские копи; 9 – Каменное; 10 – Водораздельное; 11 – Анги; 12 – Каменско-Черновское; 13 – Талачинское; 14 – Шивычинское; 15 – Верхне-Ингодинское; 16 – Улурийское; 17 – проявления бассейна Хойто-Аги (Дунда-Агинское, Аргалейское и др.); 18 – Орловско-Спокойнинское; 19 – Этыка; 20 – Нагаданское; 21 – Абагайтуйское; 22 – Мулина Гора; 23 – Торейские озёра; 24 – Дучарское; 25 – Средне-Борзинское; 26 – Агатная Сопка; 27 – Зарголское; 28 – Билютуйское; 29 – Солонечное; 30 – Калангуй; 31 – Усугли; 32 – Улунтуй; 33 – Гарсонуй; 34 – Имангакитское; 35 – Олондинское; 36 – Шаманское, Александровское, Средне-Витимское и др.; 37 – Каларское; 38 – Талакитское; 39 – Желтугинское; 40 – Витимское

Шерловогорское месторождение относится к формации миароловых гранитов и апогранитных грейзенов, Адун-Челонское – к миароловым камерным микроклиновым пегматитам, Водораздельное и Малханское – к миароловым микроклиновым и микроклиново-альбит-олигоклазовым пегматитам с клевеландито-

во-лепидолитовым замещением. Адун-Челонское пегматитовое поле и Шерловогорское рудное поле являются разноглубинными частями одного крупного Адун-Челон-Шерловогорского гранитного массива. Это хорошо видно на рис. 75.

Кроме того, как промышленные месторождения в данной работе рассмотрена *жила Полиминеральная* в Завитинском пегматитовом поле, в значительной мере отработанная в процессе разработки Завитинского месторождения редкометалльных, прежде всего, сподуменовых, пегматитов, а также *Савватеевское* месторождение цветного турмалина и воробьевита, отрабатывавшееся в середине XIX и в первой половине XX в.

Формации гранитных пегматитов. Среди гранитных пегматитов по продуктивности на ювелирные камни принято выделять четыре вида: 1) миароловые камерные микроклиновые пегматиты, 2) миароловые занорышевые микроклиновые пегматиты, 3) миароловые микроклиновые и микроклиново-альбитовые пегматиты с клевеландитово-лепидолитовым комплексом, 4) мусковитово-микроклиновые (бериллово-мусковитовые) бесполостные пегматиты (см. табл. 13).

Берилло-турмалино- и топазоносные пегматиты известны в связи с гранитами различного возраста и состава. Пространственное размещение пегматитовых полей связано с крупными долгоживущими шовными структурами глубинного заложения. С севера на юг и с запада на восток происходит омоложение пегматитообразующих процессов. В каждой из структурно-формационных зон преобладают пегматитоносные гранитоиды одного из крупных временных этапов тектоно-магматической активизации. Если для Кодаро-Удоканской и Муйской зон наиболее типичны пегматитоносные гранитные комплексы докембрия, Баргузинской, Прибайкальской, Восточно-Саянской, Западно-Становой, Каларской, Верхне-Амурской – докембрия и нижнего палеозоя, то для остальных – преимущественно верхне-палеозойско-мезозойские. В этом же порядке уменьшается роль бесполостных пегматитов и возрастает доля миароловых и камерных пегматитов с высококачественным кристаллосырьём.

Формация миароловых гранитов и апогранитных грейзенов. К этой формации относится крупнейшее Шерловогорское месторождение ювелирных берилла и топаза. Оно располагается в Агинской зоне и генетически связано с гранитами кукульбейского комплекса, являясь одновременно составной частью крупной Шерловогорской рудномагматитческой системы. Последняя включает месторождения: бериллий-висмут-олово-вольфрамовое с камнесамоцветным сырьём Шерловая Гора, олово-полиметаллическое касситерит-сульфидной формации Сопка Большая и олово-полиметаллическое месторождение Восточная Аномалия. Кроме того, первое из них было коренным источником крупной промышленной россыпи, из которой на протяжении полувека (1916–1964) Шерловогорским ГОКом извлекались касситерит, вольфрамит и бисмутит. Ювелирные и коллекционные берилл и, в существенно меньшей мере, топаз и горный хрусталь извлекались как из коренных жильно-миароловых зон топаз-берилл-кварцевого состава, так и из делювиальных и делювиально-техногенных россыпей. Краткие сведения из истории открытия и эксплуатации месторождений Шерловогорской рудномагматической системы приведены в исследованиях [Юргенсон, 2001; Юргенсон, Кононов, 2014]. Основные данные о геологическом строении рудномагматической системы как таковой приведены там же, и поэтому здесь рассматривается лишь Шерловогорское месторождение самоцветов.

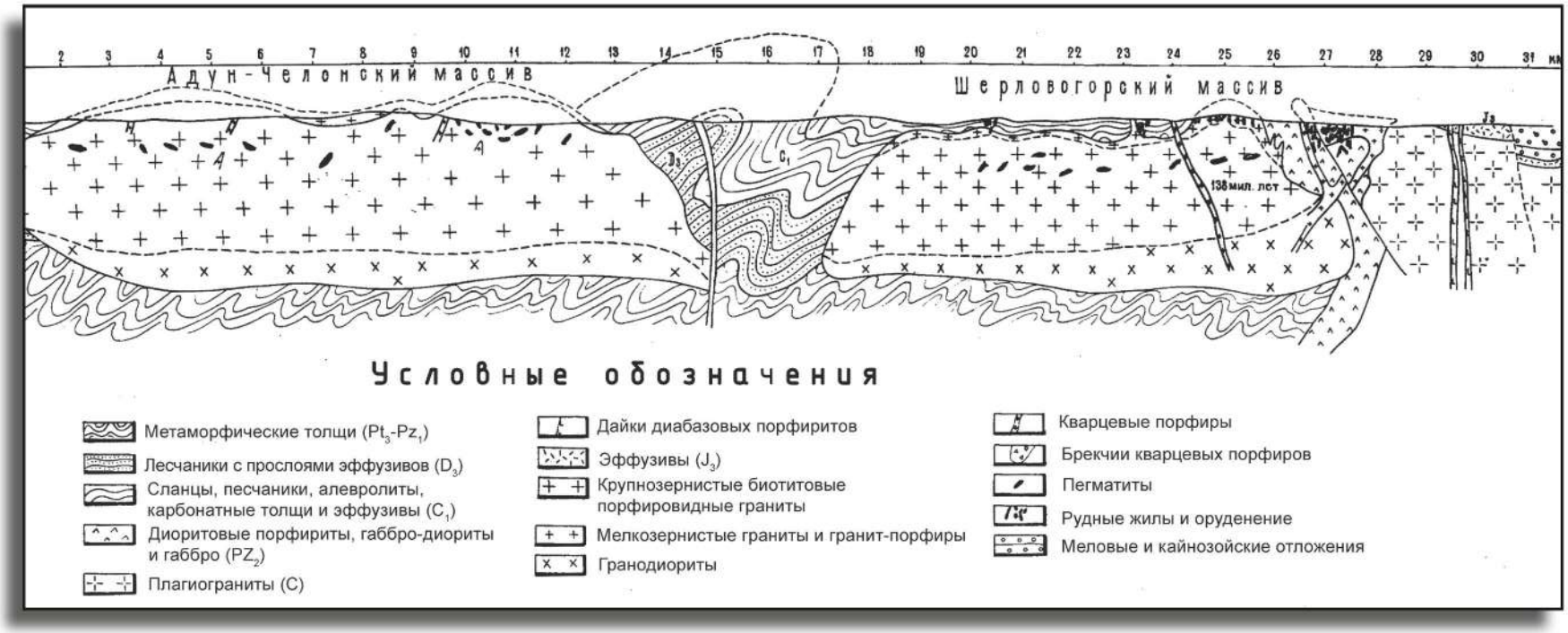


Рис. 75. Разрез через Адун-Челонский и Шерловогорский массивы (по материалам В. В. Аристова, Г. И. Менакера и др.)

6.2. Промышленные месторождения с разведанными запасами ювелирного сырья

6.2.1.Промышленные месторождения пегматитовой формации

6.2.1.1. Пегматитовое поле Адун-Челон

Адун-Челонское пегматитовое поле камерных пегматитов, расположенное в Борзинском районе Забайкальского края в 18 км к юго-западу от пгт. Шерловая Гора, официально известно с 1829 г., точнее, с июня 1828 г., когда, как следует из полевого дневника А. И. Кулибина, оно было им открыто, но впервые в литературе описано им в 1833 г. Изображение гранитных скал-останцов в пределах пегматитового поля, приведённых в дневнике А. И. Кулибина, дано на рис. 76.

Однако первое описание Адун-Челона сделано П. С. Палласом, посетившим его 1–3 июня 1772 г. И первое краткое описание берилла дано им. Однако определял он кристаллы берилла только адун-челонские или шерловогорские, однозначно сказать нельзя [Паллас, 1788, с. 314]. Выдержку из текста на этой странице мы дадим позже при описании истории изучения Шерловой Горы. А. А. Беус [1960], вероятно, справедливо полагал, что месторождение издавна отрабатывалось китайскими старателями. В основном добывался дымчатый кварц, который вывозили в Китай, где из него вытачивали линзы для светозащитных очков. Попутно, возможно, добывали аквамарин, гелиодор и топаз. Месторождение давало прекрасный коллекционный материал.

Протяжённость горного массива – 12 км. Площадь современного эрозионного среза гранитного массива – около 70 км^2.

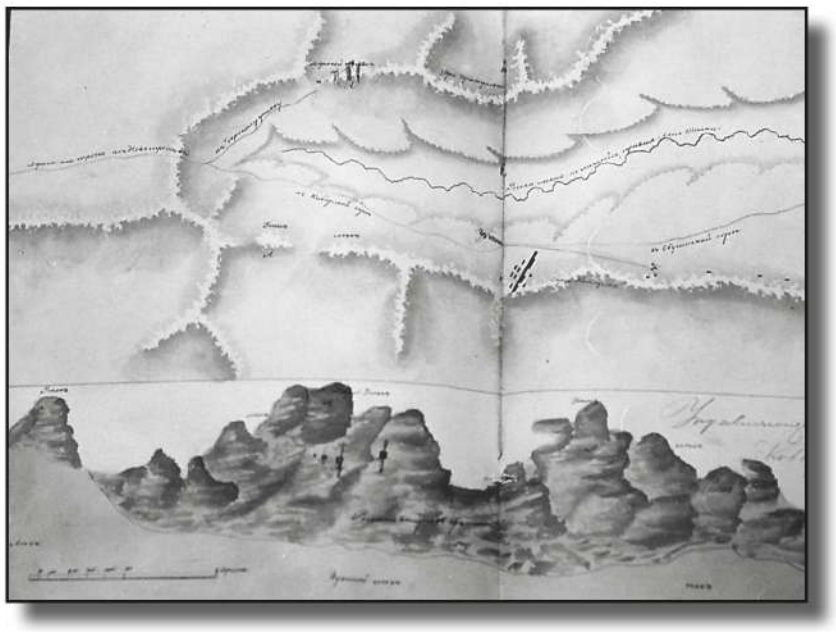


Рис. 76. Формы скальных останцов пегматитов Адун-Челона. Рисунок А. И. Кулибина. 1828 г. Из ГАЗК. Фотокопия В. Г. Дианова

Изучение месторождения проводилось периодически на пьезокварц в 1932, 1937, 1965 гг. При этом выявлялись тела с самоцветами. В 1971–1979 гг. Институт геохимии СО РАН (Ю. П. Трошин и др.) проводил изучение минералого-геохими-

ческой зональности Адун-Челонского гранитного массива и пегматитового поля. Проведено опробование 183 пегматитовых тел из 400 известных в пределах массива (см. рис. 77).

Наиболее полно дифференцированные тела промежуточной зоны массива были оценены как перспективные на пьезосырьё и ограночные топаз и берилл (16 % от отработанных в прежние годы пегматитов). В качестве перспективных были рекомендованы в основном ранее эксплуатировавшиеся тела в расчёте на их неполную отработанность.

Однако работами экспедиции «Байкалкварцсамоцветы» (Удовенко, 1992), проводившимися в 1990–1992 гг., эти рекомендации не были подтверждены, т. к. пегматиты Адун-Челона относятся преимущественно к камерным, и минерализованные полости, как правило, не распространяются на значительные глубины. В пределах известных участков выявлен ряд слабодифференцированных тел, в том числе и слепых. Оказалось, что рекомендованные Институтом геохимии СО РАН для доизучения пегматитовые тела оказались практически полностью отработанными, как и 90 % ранее известных тел, расположенных на хорошо обнажённых водораздельных участках Адун-Челонского хребта. Новых тел с промышленными концентрациями горного хрусталя (пьезосырья и для плавки) в этой части массива не установлено.

Продуктивные пегматиты в 1989 г. были обнаружены на северо-западном фланге площади в задернованных склонах (см. рис. 77). Тем самым была доказана перспективность открытия новых тел. Продуктивные пегматитовые тела связаны с одноимённым гранитным плутоном, который залегает в ядре брахисинклинальной складки вулканогенно-осадочной толщи уртуйской свиты. Она интенсивно ороговикована, что связано с небольшой глубиной формирования плутона. По данным Н. А. Трущевой и К. К. Анашкиной (1981), глубина эрозионного среза массива не более 400–500 м. Площадь современного среза составляет около 70 км^2. Форма изометричная, штокообразная. Диаметр около 10–12 км. Контакты крутые, за исключением северо-восточного, где предполагается невскрытое эрозией продолжение гранитов в сторону Шерловогорского бериллоносного массива. Массив сложен порфировидными гранитами.

Северо-восточная часть массива, где сосредоточена главная масса продуктивных пегматитовых тел, сложена микроклиновыми крупнозернистыми лейкократовыми порфировидными гранитами, западная – преимущественно плагиоклазовыми с биотитом. Граниты пересыщены кремнезёмом и обогащены оловом, вольфрамом, бериллием, фтором и другими элементами.

В центральной и юго-западной апикальных частях сохранились мелкозернистые граниты с мусковитом, турмалином, флюоритом. Пегматитовые тела имеют формы линз, штоков и жил с раздувами и апофизами. Встречаются столбообразные тела. Жилы в основном короткие (20–40, реже – до 80 м) при мощности 0,2–5,0 м. Столбообразные тела в сечении варьируют от 0,5 до 5,0 м и по данным отработки XIX в. прослеживаются по вертикали на 10–35 м, редко – более. Пегматиты симметрично-зональные. Присутствуют нередко классически выраженные зоны аплита, графическая, кварцево-полевошпатовая блоковая и кварцевое ядро. Типичны камеры, минерализованные полости, располагающиеся в центральных частях тел, на контакте блоковой зоны и кварцевого ядра, часто под кварцевыми ядрами. Полости от 0,1 до 3,0 м, в единичных случаях – до 3,5 м в поперечнике.

Фото гелиодора (см. рис. 80) на кристаллах микроклина приведено в Атласе-рекламе минералогического музея Иркутского технического университета [Вахромеева и др., 2010]. Микроклин ошибочно приписан к Шерловой Горе, там он в жильных продуктивных камнесамоцветных комплексах не встречается.

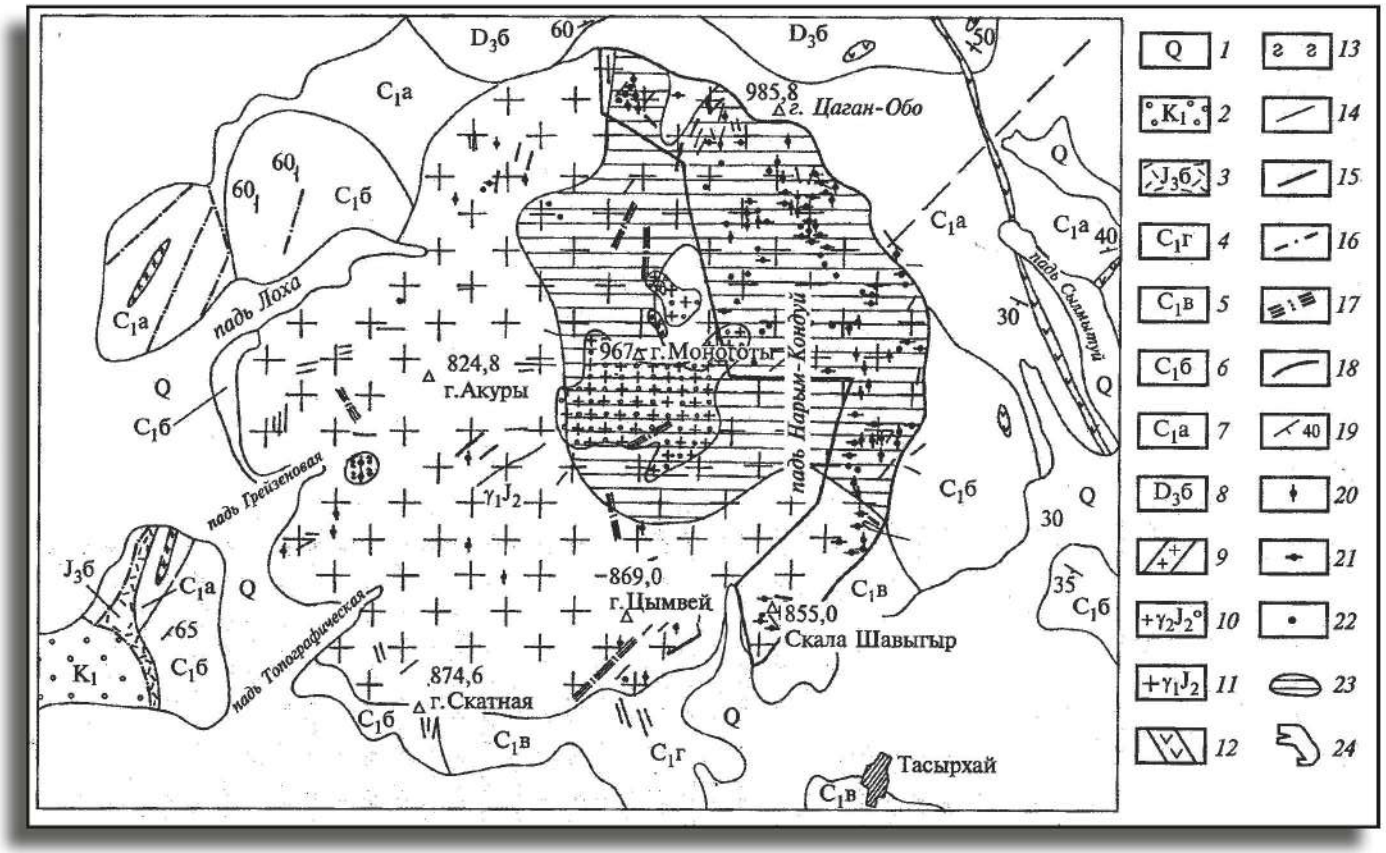


Рис. 77. Геологическая карта Адун-Челонского гранитного массива (составлена по материалам М. Г. Петровой, Б. И. Королева и др., 1960; Ю. И. Сычева и др., 1977): 1 – аллювиально-пролювиальные отложения; 2 – угленосная и тургинская свиты; 3–8 – толщи: 3 – туфогенно-осадочная, 4 – сланцевая, 5 – сланцево-песчаниковая, 6 – карбонатно-эффузивно-терригенная, 7 – песчаниково-алевролитовая, 8 – эффузивно-песчаниковая; 9 – плагиогранит-порфиры кукульбейского комплекса; 10 – гранит-порфиры; 11 – граниты биотитовые, порфировидные, крупнозернистые; 12 – диоритовые порфириты; 13 – грейзены; 14 – граниты аплитовидные, мелко- и среднезернистые, гранит-порфиры; 15 – пегматитовые жилы; 16 – разрывные нарушения; 17 – зоны дробления; 18 – стратиграфически согласная и интрузивная граница; 19 – элементы залегания слоистости; 20–22 – пегматиты: 20 – незамещённые кварцево-полевошпатового состава, 21 – замещённые с клевеландитом, морионом, турмалином и мусковитом, 22 – содержащие берилл и его разновидности; 23 – полигенный геохимический ореол (Li + Be + F); 24 – область максимального распространения пегматитов

В минерализованных полостях наряду с окристаллизованным микроклином присутствуют берилл (аквамарин и гелиодор), топаз, флюорит, шерл, клевеландит. Кварц представлен морионом, раухтопазом, горным хрусталём, очень редко цитрином и аметистом. Берилл образует кристаллы, которые достигают до 15 см по оси *c* и до 4 см по оси *a*. Среднестатистическая величина кристаллов берилла – 2–4 см, нередко находили кристаллы длиной 6–8 см. Кристаллы в основном светлоокрашенные, зеленовато-жёлтые (близки к гелиодору), голубовато-жёлто-зелёные, светло-голубые (аквамарины), бледно-зелёные. Типичные кристаллы аквамарина из пегматитов Адун-Челона приведены на рис. 78 и 79.

Рис. 78. Кристалл аквамарина. Адун-Челон. Из коллекции В. А. Иосса, 1918 г. Государственный минералогический музей им. А. Е. Ферсмана

Рис. 79. Кристалл аквамарина. Адун-Челон. Из коллекции В. П. Кочубея, 1913 г. Государственный минералогический музей им. А. Е. Ферсмана

Рис. 80. Гелиодор на агрегате микроклина и тёмно-дымчатого кварца. Адун-Челон. 40×12 мм. Минералогический музей им. А. В. Сидорова ИрГТУ [по: Вахромеева и др., 2010]. Фото А. С. Шевелева. С разрешения авторов

В одной из копей кристаллы светло-жёлтого и зеленовато-жёлтого гелиодора находятся в крупных кристаллах тёмно-дымчатого кварца, переходного к мориону. Фото такого образца приведено нами в работе «Самоцветы Забайкалья» [Юргенсон, 1997].

Топаз встречается в виде кристаллов от 1–1,5 до 5–10 см. Вес единичных кристаллов достигал 6 кг. Е. Я. Киевленко и другие [1982] приводят сведения о находке кристалла топаза длиною 41 см при поперечном сечении 15 см. Цвет топазов голубой, золотистый, винно-жёлтый, розовато-дымчатый, нередко топаз бесцветен. Многие кристаллы трещиноваты, наполнены ГЖВ.

В пегматитах Адун-Челона широко развиты тёмно-дымчатые кристаллы кварца, среди которых нередко встречаются крупные (до 25–40 см по оси *c*) кристаллы, пригодные для огранки.

Поисковые факторы и характерные черты пегматитов с самоцветами в пределах Адун-Челонского массива по обобщённым данным всех исследователей ([Ферсман, 1940, 1962]; Ю. И. Сычев и др., 1980; З. И. Удовенко, 1992; М. Г. Кычаков, 1993) следующие: 1) пространственная и генетическая связь пегматитовых тел с дайками аплитов и мелкозернистых гранитов, когда пегматиты локализуются вблизи или внутри них; 2) связь минерализованных полостей с раздувами в участках сочетания пегматоидной, блоковой зон с крупными блоками кварца; 3) ореолы фтора и бериллия и уменьшение их концентрации непосредственно в самих пегматитах; 4) отсутствие флюоритового прожилкования; 5) низкое (менее 3) соотношение воды и углекислоты в кварце; 6) наличие обломков цветных камней в рыхлых образованиях.

Изученные пегматитовые тела по морфологии, внутреннему строению и минеральному составу разделены на три типа: а) полизональные миаролоносные; б) неполнозональные миаролоносные; в) неполнозональные, не содержащие продуктивных миарол.

В первом типе развиты относительно крупные полости с кристаллами шерла кварца, берилла, реже – топаза. Пегматитовые тела второго типа обычно имеют небольшие размеры и содержат полости с кварцем, топазом и реже бериллом. Третий тип практически не продуктивен.

В 1990–1992 гг. (Удовенко, 1992) проведены детальные геолого-геофизические работы на 4 локальных участках общей площадью около 8 км^2. Изучено около 80 известных тел. На новом участке – Удачном – выявлено и вскрыто горными работами два новых тела с бериллом и четыре – с топазом. Из них извлечено 8,124 кг берилла-сырца и 56,52 кг топаза-сырца. Один из винных (бледно-розовых) топазов весил 26 г.

Согласно паспорту Адун-Челонского месторождения (Удовенко, 1992) прогнозные ресурсы по 45 телам: 3, 21, 22, 30, 39, 55, 69, 68–73, 78, 80, 85, 86, 89, 91, 94, 97, 98–103, 105, 106, 110–116, 118, 119, 121–126, 128 составляют 23,55 кг берилла-сырца и 150,17 кг топаза-сырца при среднем содержании, соответственно, 602 и 16243 г/м^3. Выход сортового берилла от сырца при содержании 243 г/м^3 – 40 % и 17,2 % при содержании сырца 48 г/см^3. Выход топаза сырца 4,2 % при содержании 9109 г/м^3 и 86,7 % при содержании 68 г/м^3. Перспективы Адун-Челонского пегматитового поля на ювелирное и коллекционное сырьё, как показали работы экспедиции «Байкалкварцсамоцветы», достаточно велики. Практически любые методически правильно проведённые работы были успешными при условии достаточности затрат на проходку горных выработок.

В настоящее время восточная часть Адун-Челонского горного массива вошла в состав Государственного биосферного заповедника «Даурский». В пределах его территории запрещена всякая геологическая, в том числе и научно-исследова-

тельская, деятельность, сопровождающаяся обязательным сбором образцов горных пород и минералов, что неправильно. Несмотря на заповедность территории пегматитового поля, старателями периодически ведётся хищническая добыча самоцветов, прежде всего, дымчатого кварца. Предложено объявить этот горный массив и прилегающую к нему степь национальным парком с разрешением исключительно научного туризма и научно-исследовательских работ, с полным запретом всякой промышленной разработки пегматитов.

6.2.1.2. Малханское месторождение цветного турмалина

Забайкалье и Урал, в XVIII в. именовавшийся европейскими исследователями Сибирью, являются одним из важнейших исторических источников цветного турмалина как для России, так и для Европы в целом. Да и сами исторические названия турмалина – сибириты и дауриты, являются тому свидетельством. Особенно это касается дауритов – от Даурии.

Если в XIX в. основным источником его были месторождения Борщовочного хребта, в исторической литературе именовавшего Борщовочным кряжем, то в конце XX – начале XXI в. основным поставщиком цветного турмалина в промышленных масштабах стал Малханский хребет, являющийся составной частью *Селенгино-Становой* структурно-формационной зоны. В ней важнейшим промышленным типом турмалинсодержащих пегматитов в Забайкалье являются миароловые микроклиново-олигоклазовые с интенсивно развитым клевеландитово-лепидолитовым комплексом. К этому типу пегматитов относится Малханское месторождение цветного турмалина, находящееся в пределах *Селенгинской подзоны Селенгино-Становой зоны* (см. рис. 3, с. 20).

Турмалиноносные пегматиты связаны с Орешным и Большереченским массивами харалгинского комплекса гранитоидов, относящихся к лейкогранитам, характеризующимся высокими содержаниями Li, Rb, Cs, Sn, Be, Ta, Nb,Y, Bi и резко пониженными – Ba и Sr [Загорский, Перетяжко, 1992]. Особенностью их является высокая висмутоносность. Они близки к плюмазитам Л. В. Таусона. Наиболее продуктивны на ювелирный турмалин двуполевошпатовые (калишпат-олигоклазовые) пегматиты. Первые упоминания об обилии турмалина в пегматитах Малханского хребта имеются в известной работе А. Е. Ферсмана [1962], который отметил их в 1915 г. во время своего первого посещения Забайкалья.

Современные данные о пегматитах с цветным турмалином в Малханском хребте получены при попутных поисках партией № 140 ПГО «Сосновгеология» в 1980–1981 гг. (жилы Орешная, Скакунья I и II, Крутая). В 1982 г. материалы о находках цветного турмалина в этих жилах были переданы в специализированную Саяно-Байкальскую экспедицию объединения «Союзкварцсамоцветы». В результате поисковых работ в 1983–1984 гг. на площади 60 км^2 Чикойской партией этой экспедиции обнаружено несколько групп миароловых пегматитовых жил (Моховая, Западная, Таборная, Правобережная и др.). В 1985–1987 гг. на площади 300 км^2 выявлено около 300 пегматитовых тел, из которых 40 содержат цветной турмалин.

Участок турмалиноносных жил, слагающих Малханское пегматитовое поле, простирается в виде субширотной полосы шириной 5–6 км на расстоянии 13 км от водораздела рек Могзон и Зорголик до Большой Речки (см. рис. 81).

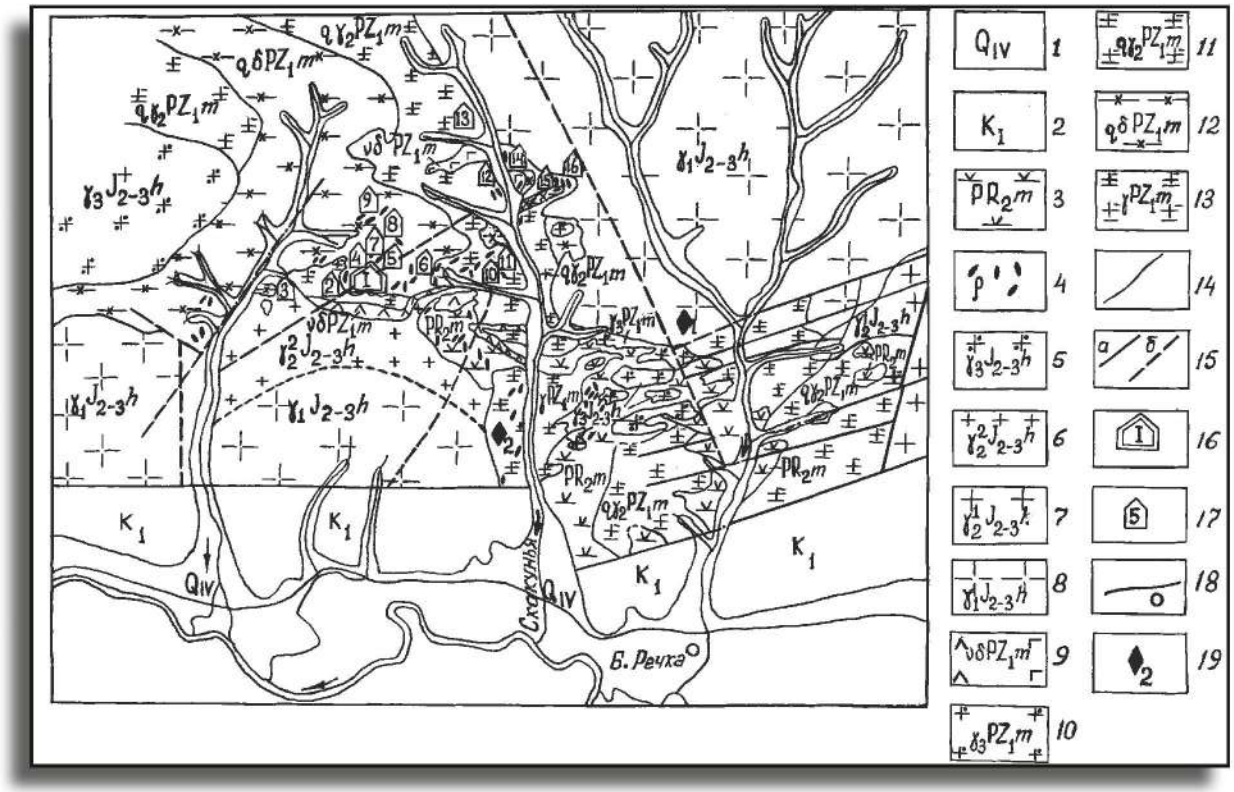


Рис. 81. Геологическая карта Малханского пегматитового поля (В. А. Беляев и А. В. Минаков, 1991): 1 – четвертичная система. Современные аллювиальные отложения: галечники, валунники, пески; 2 – меловая система, нижний отдел. Аргиллиты, песчаники, конгломераты, конгломерато-брекчии, песчаники с прослоями угля; 3 – малханская серия: кристаллические сланцы (парагнейсы) биотитовые, биотитово-амфиболовые, эпидотово-амфиболовые, кварциты; 4–8 – харалгинский интрузивный комплекс: 4 – жильная серия: дайки, жилы аплитов, пегматитов; 5 – граниты биотитовые и двуслюдяные мелкозернистые, массивные, аплиты; 6 – граниты лейкократовые двуслюдяные мелкозернистые, светло-серого цвета, массивные, иногда полосчатые; 7 – граниты лейкократовые биотитовые, среднезернистые, массивные; 8 – граниты биотитовые порфировидные, средне-, реже крупнозернистые, массивные, иногда гнейсовидные; 9–13 – метаморфизованный малханский интрузивный комплекс: 9 – амфиболиты, амфиболовые габбро-диориты средне-крупнозернистые; 10 – граниты лейкократовые, желтовато-серые, массивные; 11 – кварцевые диориты разгнейсованные, биотитовые, амфиболово-биотитовые, порфировидные; 12 – диориты, габбродиориты разгнейсованные, амфиболовые, биотитово-амфиболовые, мелко-среднезернистые; 13 – граниты амфиболово-биотитовые массивные, разгнейсованные; 14 – границы между разновозрастными геологическими образованиями; 15 – разрывные нарушения установленные (а) и предполагаемые (б); 16 – месторождение цветных турмалинов – жилы Моховая, Соседка, Орешная; 17 – проявления цветных турмалинов – жилы пегматитов с установленной полихромной турмалиновой минерализацией: 1 – Моховая, Соседка, Орешная; 2 – Юбилейная; 3 – Могзонская; 4 – Октябрьская; 5 – Каркадиловая; 6 – Таборная I и II, Данбуритовая; 7 – Магистральная; 8 – Новая; 9 – Иркутянка; 10 – Светлая, Солнечная, Гранатовая; 11 – Амазонитовая; 12 – Дорожная, Лепидолитовая; 13 – Правобережная I-III; 14 – Левобережная, Крутая; 15 – Западная I, II; 16 – Скакунья I-III; 18 – автодорога и населённый пункт; 19 – проявления аметиста: 1 – Зимовейная, 2 – Скакунья. Масштаб 1 : 100 000

Турмалиноносные жилы в пределах поля объединены в несколько участков. В районе горы Орешной выявлены 22 жилы, представляющие собой Центральный участок. Здесь локализованы наиболее важные в промышленном отношении жилы – Моховая, Соседка, Каркадиловая, Таборная, Юбилейная, Октябрьская и др. К другому участку, располагающемуся восточней, относятся жилы Светлая, Солнечная, Гранатовая. Третий – Левобережный – участок находится к северо-востоку от Центрального в среднем течении р. Скакунья и представлен жилами Западная-I, Западная-II и др. Четвёртый – Верхнемогзонский – участок, располагающийся в левом борту верхнего течения р. Могзон, включает жилы Иркутянка, Омировская, Дальняя и др. В пределах Центрального участка выявлен рудный узел из трёх высокопродуктивных жил (Моховая, Орешная, Соседка), который в результате проведённых ГРР переведён в разряд месторождения – Малханского месторождения цветного турмалина. Выполненная здесь предварительная разведка с проходкой штольни, буровых скважин и канав позволила подсчитать запасы по категориям C_1 и C_2.

Геологическое строение и минералого-геохимические особенности месторождения описаны В. Е. Загорским и И. С. Перетяжко [1992, 2008], В. Е. Загорским, И. С. Перетяжко и В. Е. Кушнаревым [2011]. Поэтому ограничимся приведением самых важных его признаков (см. рис. 82).

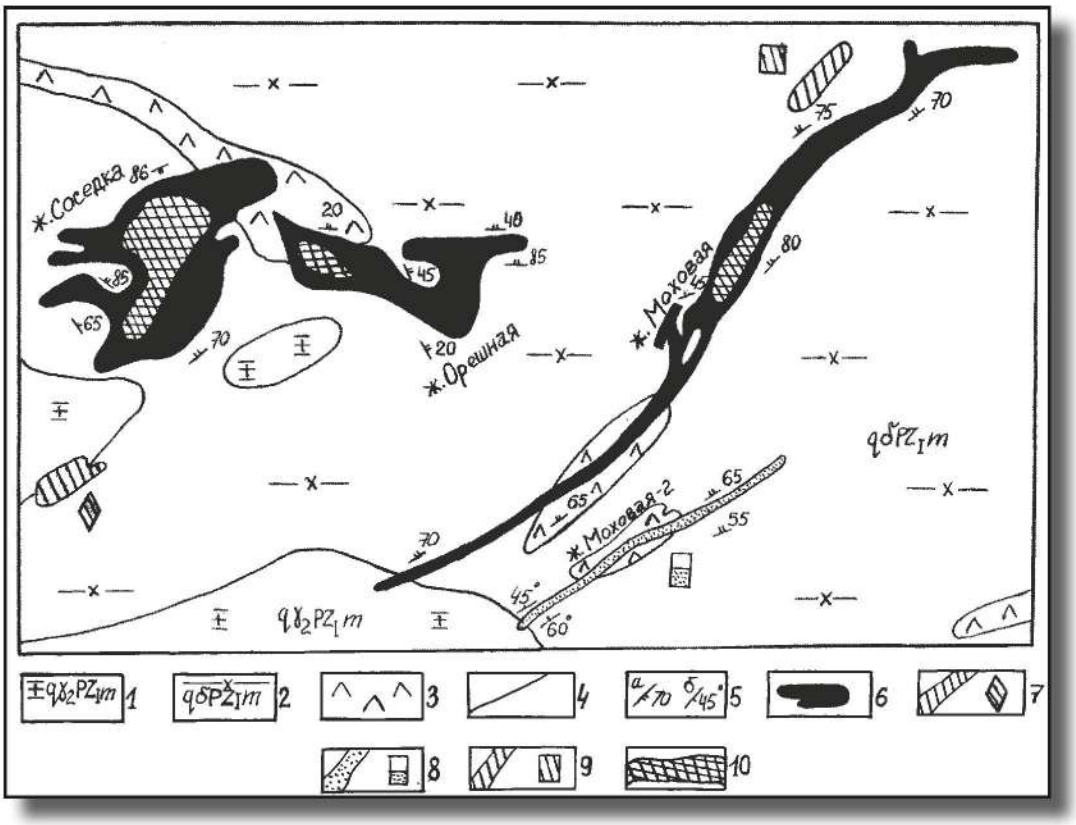


Рис. 82. Геологический план Малханского месторождения турмалина (В. А. Беляев и А. В. Минаков, 1991): 1 – кварцевые диориты разгнейсованные, амфибол-биотитовые, биотитовые порфировидные; 2 – гнейсо-диориты; 3 – амфиболиты среднезернистые массивные; 4 – геологические границы; 5 – элементы залегания: а – контактов, б – сланцеватости; 6 – пегматиты двуполевошпатовые высокопродуктивные; 7 – пегматиты двуполевошпатовые непродуктивные; 8 – пегматиты существенно калишпатовые слабопродуктивные; 9 – пегматиты существенно калишпатовые непродуктивные; 10 – турмалиноносные участки пегматитовых жил

Геологическое строение месторождения достаточно сложное. Жильные тела представлены пегматитами олигоклазового, олигоклазово-калишпатового и калишпатового составов и сложного зонального строения. К их внутренним зонам, сложенным преимущественно кварцево-альбитовым неясно графическим пегматитом, приурочены миаролы с цветным турмалином. На Малханском месторождении к собственно олигоклазовым относится жила Орешная, а наиболее важные промышленные жилы Соседка и Моховая – к двуполевошпатовым пегматитам. Развитие олигоклаза связано, согласно нашим наблюдениям, с особенностями вмещающих пород: повышенное содержание кальция в альбит-олигоклазе обусловлено, вероятно, гибридизмом пегматитового расплава, кристаллизующегося в диоритогнейсах. Слабая продуктивность на цветной турмалин безолигоклазовых жил связана, вероятно, с особыми условиями формирования и специфичностью источника бора в Малханском пегматитовом поле.

Установлено, что непродуктивные жилы преимущественно локализованы в гранитах и в зоне их ближнего экзоконтакта с породами малханской серии и малханского комплекса [Загорский, Перетяжко, 1992, 2008]. Продуктивные жилы находятся на удалении от гранитов в ортопородах малханского комплекса. Сравнение аналитических данных по содержанию шерла и доли калишпата, приведённых в работе указанных выше авторов, свидетельствует о тенденции к обратной зависимости содержаний этих минералов в продуктивных жилах. Преимущественное развитие продуктивных жил в метаморфизованных ортопородах основного состава (метагаббро, метадиабазы, метадиориты) связано, вероятно, с относительной их обогащённостью бором. Во всяком случае, об этом свидетельствует сопоставление аналитических данных (см. табл. 14).

Таблица 14

Усреднённые данные по содержанию бора в породах малханской серии [по: В. Е. Загорский, И. С. Перетяжко, 1992], г/т

Вмещающие породы	*За пределами пегматитов с самоцветами*	*В пределах участков развития пегматитов*		
		околоконтактотовые зоны жил с самоцветами	*околоконтактовые зоны жил без самоцветов*	*в полях развития пегматитов с самоцветами*
Метаморфизованные ортопороды основного состава, высокопродуктивные жилы	63	469	65	53
Кварцевые метадиориты, непродуктивные жилы	8	18	-	13
Амфибол-биотитовые и биотитовые гнейсо-граниты	17	-	-	-

Метаморфизованные ортопороды основного состава содержат, в среднем более чем в три раза большие концентрации бора, чем гнейсо-граниты, и почти в 8 раз большие, чем кварцевые метадиориты. Характерно, что в среднем ортопороды основного состава в полях развития жил с цветным турмалином, а также за их пределами, равно как и в околоконтактовых зонах с жилами без цветного турмалина, содержат примерно одинаковые количества бора (соответственно, 53, 63, 65 г/т). В участках околоконтактовых зон высокопродуктивных жил содержание бора резко возрастает, варьируя от 195 до 1060 г/т, в среднем составляя 469 г/т. Этот факт можно объяснить как выносом бора во вмещающие породы из пегматитообразую-

щей камеры при внедрении пегматитового расплава, так и привносом его из вмещающей среды при реакционном обмене расплава с вмещающими породами. Возможно, появление олигоклаза наряду или вместо альбита в продуктивных пегматитовых телах, а также широкое развитие дравитовой компоненты в турмалинах, их высокая глиноземистость обусловлены составом вмещающих пород, обогащённых кальцием, бором, магнием и алюминием.

Одной их важных отличительных геохимических черт турмалиноносных пегматитов Малханского поля является обогащённость их висмутом, а присутствие в его пределах свалов золотоносных жил [Загорский, Перетяжко, 1992] может указывать на их взаимосвязь. В жиле Соседка выявлены кристаллы стабнита.

Поскольку на собственно Малханском месторождении, как установлено В. А. Беляевым и А. В. Минаковым (1991) в результате предварительной разведки, промышленное значение имеют лишь жилы Моховая и Соседка, относящиеся к калишпатово-олигоклазовому типу, рассмотрим его особенности на их примере.

Описание жилы Моховая приводится по данным В. А. Беляева, А. В. Минакова (1991) и В. Е. Загорского, И. С. Перетяжко [1992, 2008] с нашими дополнениями, полученными при ее изучении в 1994 г. Она изучена с поверхности, а также скважинами по сети 10×10 м, рассечками, штольней и карьером в процессе отработки месторождения. Жила имеет форму пластинообразной уплощенной линзы длиной до 200 м. Падение 40–85° на северо-запад, простирание – на северо-восток (30–50°). Преобладающая мощность на поверхности – 5–6 м. С глубиной на флангах мощность уменьшается, свидетельствуя о том, что на современном срезе вскрыта оптимальная по мощности и продуктивности её часть, так как мощность центральной её части до глубин 40–100 м остаётся практически неизменной, длина минерализованного участка на глубине 40 м составляет 30 м при мощности 3–5 м. Продуктивный участок длиною около 56 м тяготеет к раздуву жилы. Он смещён к её юго-западному окончанию и достигает мощности 8–12 м.

Выявлена сложная зональность, которая выражается в том, что за пределами продуктивной части на северо-восточном фланге в приконтактовых частях она сложена разнозернистым и грубографическим олигоклазовым пегматитом, который сменяется калишпатовым пегматитом графической и блоковой структур. Зона блокового микроклинового пегматита имеет мощность 2–3 м и протяжённость до 40–50 м. Микроклиновый пегматит слабо альбитизирован и содержит мелкокристаллический шерл и альмандин. Мощность жилы на северо-восточном фланге уменьшается постепенно, а на юго-западном жила резко выклинивается и ветвится. Продуктивная часть имеет асимметрично-зональное строение и неоднородный состав. Приконтактовые оторочки мощностью 3–4 см сложены среднезернистым олигоклазовым пегматитом, содержащим мелкочешуйчатый биотит. Эта оторочка лучше проявлена у висячего бока жилы, что свидетельствует, вероятно, о ее гибридной природе.

От жилы отходят тонкие апофизы среднезернистого олигоклазового пегматита. Блоковая зона, следующая за олигоклазовой оторочкой, имеет крупно- и гигантозернистую и грубографическую структуру и олигоклазовый состав. В ней – листы биотита и вкраплённость магнетита, а также кристаллы шерла и альмандина. Мощность блоковой зоны варьирует от 0,5 до 3–4 м. Крупные блоки микроклина формируются у контактов жилы и клиньями вдаются в осевую часть жилы, нередко смыкаясь при встречном росте. С удалением от контактов в блоковом микроклиновом пегматите развивается альбитизация. Внутренняя зона является продуктивной. Она сложена преимущественно кварцево-альбитовым неясногра-фическим пегматитом, в меньшей мере – микроклиновым пегматитом блоковой, графической и пегматоидной структуры. Переходы от олигоклазовых блоков к кварцево-альбитовым постепенные.

Миаролы находятся преимущественно в кварцево-альбитовом пегматите и в местах его сопряжения с блоковым и пегматоидным микроклиновым пегматитом, реже – в микроклиновом альбитизированном пегматите графической структуры. В миаролах находятся друзы и щётки микроклина, альбита, цветного турмалина, кварца, лепидолита, гамбергита. На кристаллах шерла, выходящих в стенках миарол, появляется розовая рубеллитовая оторочка. Мощность её больше на концах кристаллов, обращённых к центру миарол, и меньше на теневых гранях. В жиле Моховой вскрыто более 200 минерализованных полостей. Формы их субизометричные, трубообразные, щелевидные; объём – до 0,01–0,2 м^3. Полости большего объёма (1–3,5 м^3) редки. Полости обычно на 2/3 заполнены глинисто-слюдистым рыхлым материалом с обломками минералов друзового комплекса. Иногда они соединяются рубеллитово-лепидолитовыми проводниками. Среди полостей выделяются три группы. Полости первой группы объёмом до 0,5 м^3 имеют неправильную форму и содержат высококачественный турмалин, преимущественно рубеллит средней интенсивности окраски, реже – полихромный. Кристаллы – до 8–10 см в длину и до 3–4 см в поперечнике. Монообласти, пригодные для фасетной огранки, характерны для небольших кристаллов (0,5×1,0 см).

Полости второй группы – крупные (0,5–1,5 м^3). Они содержат около 70 % всего извлечённого полихромного турмалина. Одна из них дала 65,8 кг сортового камня. Из этих миарол максимален выход кабошонного и коллекционного материала. Полости третьей группы характеризуются большим объёмом (до 3,5 м^3), но незначительным количеством и низким качеством турмалина. Стенки этих полостей выполнены альбитизированным микроклином блокового сложения, клевеландитом, дымчатым кварцем и цветным турмалином. Турмалин находится также в глине, устилающей дно полости. Здесь развит преимущественно бледно-розовый рубеллит. Особенностью этих полостей является незначительное количество лепидолита.

В блоковой микроклиново-альбитовой зоне широко развит розовый турмалин, образующий радиально-шестоватые и субпараллельно-шестоватые агрегаты, выделившиеся до образования полевых шпатов. Вследствие напряжений в турмалине развивается трещиноватость, что резко снижает прочность этих рубеллитов. Тем не менее, определённая часть их может быть использована как коллекционный материал, а также как кабошонное и галтовочное сырьё. За почти 22 года эксплуатационных работ жила Моховая отработана карьером до глубины 14 м и до горизонта штольни осталось 6,5 м. Фактический выход ограночного материала из сырья жилы Моховой составил 0,3 %.

Жила Соседка, по данным В. А. Беляева и А. В. Минакова (1991), отличается большой мощностью, сложными строением и конфигурацией.

Её выход, вскрытый расчисткой, на стадии разведки имел амёбовидную форму. Строение – участково-зональное. Продуктивная зона, вскрытая в настоящее время карьером (см. рис. 64), представлена двумя мощными участками, соединёнными узкими полосами, содержащими турмалин. Ширина участков 10–35 м, длина 40–42 м. На глубине 7 м оба участка объединяются в единую зону мощностью до 40 м и протяжённостью до 70 м. На глубине около 8 м пегматитовое тело представляет собой штокверк сечением 100×60 м. Запасы по C_1+C_2 разведаны до глубины 20 м. До 40 м числятся прогнозные ресурсы категории P_1. Жила отрабатывается двумя карьерами. Выход ограночных сортов составляет около 1 %. Жила сложена микроклином, олигоклазом, альбитом, кварцем. Полосы с цветным турмалином приурочены преимущественно к зоне развития кварцево-микроклиново-альбитового пегматита, содержащего пустоты, заключающие кристаллы зелёного турмалина. Большая их часть непрозрачна и имеет шерловую внутреннюю зону. Но

встречаются и чистые просвечивающие светло-зелёные кристаллы. Блоковый микроклин в таких участках интенсивно альбитизирован и также содержит в пустотах зелёный турмалин.

Минерализованные полости с цветным турмалином тяготеют к микроклиновому пегматиту графической пегматоидной структуры. Они обычно изометричны, размеры 0,2–1,2×1,5×1,5 м; содержат кристаллы дымчатого кварца до 30 см в длину и 15 см в поперечнике, а также агрегаты клевеландита, лепидолита, полихромного турмалина, иногда данбурита и цеолита. В процессе поисково-разведочных работ двенадцатью скважинами вскрыто 20 полостей с цветным турмалином. В жиле Соседка чаще встречаются верделиты, полихромные турмалины и реже – рубеллиты. В юго-западном её окончании встречаются коричнево-розовые турмалины. Ювелирные турмалины имеют 1–12 мм в поперечнике и 10–60 мм в длину. Крупные кристаллы трещиноваты. Полихромные турмалины – короткостолбчатые, островершинные. Средняя их часть светло-зелёная, краевая – розовая. Верделит развит преимущественно в восточной части жилы в ассоциации с данбуритом и бесцветным и светло-розовым бериллом. Характерно, что лепидолит не встречается с верделитом и бериллом, за исключением воробьевита.

В жиле обнаружены зоны сплошного лепидолита, нередко содержащего рубеллит. В нём лепидолит и рубеллит находятся в тесном срастании с альбитом, реже присутствует воробьевит. Структура лепидолитовых агрегатов широко варьирует. Встречаются как крупно-, так и мелколистоватые его зоны. Мелколистоватые лепидолитовые породы, содержащие включения альбита и светло-розового рубеллита, достаточно прочны, и из них изготавливают исключительной красоты шары, пользующиеся спросом на рынке камня.

Наряду с турмалином промышленный интерес представляют воробьевит, поллуцит, данбурит, аметист, горный хрусталь, гамбергит. Качество цветного турмалина Малханского поля весьма высокое, особенно кристаллы рубеллита широкой гаммы оттенков красного и красно-коричневого цвета. Некоторые примеры кристаллосырья и огрненных вставок представлены на рис. 83–85.

Рис. 83. Кристалл полихромного турмалина [по: Загорский, Перетяжко, 2008]

Рис. 84. Гранёные вставки рубеллита [по: Загорский, Перетяжко, 2008]

Рис. 85. Кристалл тёмно-зелёного дравита
Южно-Сулуматского месторождения в окружении галтованного турмалина
Малханского месторождения

Промышленное значение имеют 6 жил – Моховая, Соседка, Октябрьская, Юбилейная, Светлая, Солнечная. Продуктивные части жил с поверхности разведаны канавами и расчистками, пройденными через 10 м. Моховая жила – подземными выработками до глубины 40 м.

По жилам Моховая и Соседка были утверждены балансовые запасы цветного турмалина. В соответствии с ТУ 41–07–038–88 выход сортового турмалина из турмалина-сырца по жиле Моховой составил для запасов категории C_1 – 46,97 %, в том числе, для фасетной огранки – 0,76 %, для изготовления кабошонов и галтовки – 37,64 %, коллекционного турмалина – 8,57 %; для запасов категории C_2 – 64,23 %, в том числе, для фасетной огранки – 1,54 %, для изготовления кабошонов и галтовки – 45,88 %, коллекционного турмалина – 16,81 %.

В 1992 г. проведена опытная промышленная отработка жилы Светлая. Добыто 138,9 кг турмалина-сырца и 45,66 кг сортового турмалина, в том числе 0,44 кг сырья для фасетной огранки и 45,22 кг для кабошонирования и галтовки. Кроме того, – 32,9 кг коллекционного сырья. Выход сортового турмалина составил 3 %. В том же году ГГПП «Байкалкварцсамоцветы» в результате поисковых работ на участке Западный и в жиле Западная-1 выявлено 20 новых минерализованных полостей. При опробовании извлечено 68,5 кг турмалина-сырца, из которого при обогащении получено 44,5 кг сортового турмалина, соответствующего по качеству ТУ-41-07-038-88 (ограночные и галтовочные сорта) и ОСТ 41-01-143-79 (коллекционный).

По насыщенности продуктивными пегматитами и масштабам проявления в них турмалиновой минерализации Малханское поле в целом, Центральный участок – в частности – не имеют аналогов в России и могут конкурировать с лучшими из известных зарубежных месторождений этого камня. Об этом свидетельствуют результаты поисковых и поисково-оценочных работ по другим жилам поля. В 35 жилах обнаружен турмалин, пригодный для фасетной огранки, изготовления кабошонов, галтовки, а также коллекционный материал. Для прироста промышленных запасов рекомендованы поверхностные горные выработки, бурение скважин глубиной до 100 м (исходя из данных разведки жил Моховая и Соседка, а также протяжённости известных жил по простиранию, которая, в принципе, в слабоэродированных жилах редко бывает больше протяжённости по падению), валовое опробование на цветные камни, минералого-геохимическое изучение для получе-

ния данных, позволяющих учитывать соответствующие критерии продуктивности жил, местоположение и параметры продуктивных зон, разработанные В. Е. Загорским и И. С. Перетяжко [1992].

В результате работ экспедиции «Байкалкварцсамоцветы» выделено 20 узлов или групп жил, потенциально перспективных на цветной турмалин и сопутствующие ему ювелирные топаз, берилл, данбурит, кварц. Они располагаются практически на всех известных участках поля. Из них 6 находятся в Центральном, 3 – Южном, 4 – Ходовом, 3 – Верхнемогзонском, 3 – Северном и 1 – Зимовейном участке, где известно проявление аметиста. Исходя из этих данных, прогнозные ресурсы цветного турмалина категории P_2 по состоянию на 1998 г. составляли 31236 кг турмалина-сырца (Г. А. Юргенсон, 1998). Жила Моховая отработана карьером на глубину 14 м, а жила Соседка по состоянию на 01.01.2016 г. отработана карьером до глубины 8 м (см. рис. 64).

Остаточные суммарные запасы турмалин-сырца по жилам Моховая и Соседка по состоянию на 01.01.2012 г. составили 4937,56 кг, из них сортового 2771,88 кг при выходе сортового сырья 56,14 %. По состоянию на 01.01.2014 г. запасы по жиле Моховая составляли: турмалин-сырец – 2987,50, сортовой – 1509,81 кг, а по жиле Соседка, соответственно, 1451,29 и 987,54 кг. Кроме того, в настоящее время выданы лицензии на жилы Октябрьская, Юбилейная, Светлая, Солнечная с суммарными запасами турмалина-сырца 32219,50 кг и забалансовыми – 79,70 кг и сортового с балансовыми запасами 2024,20 кг и забалансовыми – 34,70 кг. Всего – балансовых запасов турмалина-сырца 7668,29 кг и забалансовых – 79,70 кг, сортового балансовых запасов – 4521,55 кг и забалансовых – 34,70 кг.

На базе месторождений Малханского поля турмалиноносных пегматитов согласно проекту, представленному для лицензионного конкурса, в 1992 г. предполагалось создание предприятия по комплексному использованию всего минерального богатства. Планировали выпускать не только готовые вставки (гранёные и кабошоны), всевозможные украшения и сувениры, но и предметы культа, а также производить фаянс из полевошпатовой массы хвостов обогащения. Однако ничего кроме камнесамоцветного и коллекционного сырья ЗАО «Турмалхан» не производит. В начале 1990-х гг. при чрезвычайно низкой платёжеспособности населения организация переработки хвостов обогащения была бы крайне убыточна. В настоящее время организация её может быть рентабельной. Летом 2012 г. истёк срок пользования лицензией ЗАО «Турмалхан». В аукционе предполагали участвовать московские структуры, не зарегистрированные в Забайкальском крае. Принято решение продлить лицензию ЗАО «Турмалхан» на отработку месторождения.

Обработку незначительной части добываемого сырья в 1990-х гг. производил ювелирный завод «Шерл» в г. Чите. Выпускались граненные вставки ручной фасетной огранки, цены на которые даны в табл. 11. Однако завод самоликвидировался, и всё сырьё вывозится за пределы Забайкальского края, что в принципе нецелесообразно.

В декабре 2014 г. на разработку жилы Октябрьская выдана лицензия ООО «Геолого-разведочное предприятие «Кристалл-Инвест», зарегистрированному по адресу: Забайкальский край, с. Красный Чикой, ул. Советская, д. 14, 673060, фактически являющемуся частью структуры, находящейся в г. Улан-Удэ, директор Намжил Нанзытович Баранов. Жила Октябрьская является высокопродуктивной. Кристаллы турмалина варьируют от нескольких мм до 50 см в длину и 20 см в поперечнике. На жиле Октябрьская был найден самый крупный на месторождении кристалл полихромного турмалина с чёрной рубашкой (47 см в длину, масса 7,7 кг), а также крупные кристаллы рубеллита весом до 5,5 кг.

По состоянию на 01.01.2014 г. по жиле Октябрьская Малханского месторождения государственным балансом учтены запасы категории C_2 в количестве 2323,9 кг турмалина-сырца, в том числе 1584,9 кг сортового турмалина при выходе 68,2 %. Запасы утверждены ЦКЗ Мингео СССР (Протокол ЦКЗ Мингео СССР № 23/1 от 08.01.1992 г.). Выход сортового турмалина для фасетной огранки составляет примерно 1 %. Это означает, что будет получено более 15 кг сырья для фасетной огранки при его средней стоимости около 40 долл. США/г.

Состояние запасов по Малханскому месторождению на 01.01.2014 г.: балансовые запасы турмалина-сырца по категориям $A+B+C_1+C_2$ 7668,29 кг, забалансовые 79,70 кг, турмалина сортового 4521,55 кг, забалансовые 34,70 кг. Выход сортового 62,7 %. Добывается 4 сорта турмалина: для фасетной огранки, изготовления кабошонов, галтовки и коллекционное сырьё. При этом отчитываются в основном за добытое ограночное и кабошонное сырьё.

Весь добываемый камень ООО «Турмалхан» переправляет в Иркутск, на рынки сбыта в другие города РФ и за границу. Уникальный материал жилы Октябрьская также будет уходить за пределы Забайкальского края. Это же относится и к другим участкам (Верхнемогзонский, Правобережный, Левобережный, жила Светлая) этого уникального месторождения, на пользование которыми (геологическое изучение, разведка и добыча) объявлен аукцион. По первым трём участкам числятся ресурсы категории P_2 для турмалина-сырца и сортового турмалина в общем количестве: Верхнемогзонский – 5880,39 и 2720,65 кг, Правобережный – 4542,54 и 2550,14 кг, Левобережный – 7702,56 и 4324,15 кг. Итого, ресурсы: 18 125,49 и 9594,94 кг.

По жиле Светлая, находящейся на Центральном участке, определены запасы по категории C_2. Они составляют: сырец – 969,89 кг и сортовой – 442,57 кг.

Некоторые промышленные жилы Малханского пегматитового поля периодически бесхозяйственно разрабатываются группами частных лиц.

Политика, проводимая «Забайкалнедра» и «Сибнедра» в отношении Малханского пегматитового поля, когда оно распродаётся по частям мелким недропользователям, находящимся фактически за пределами Забайкальского края, даёт и будет продолжать давать только негативные результаты вследствие того, что контролировать их деятельность с целью проверки действительного количества добываемого сырья чрезвычайно трудно, как и проблематично создание единой структуры по геологическому изучению, добыче и переработке сырья на территории Забайкальского края.

Малханским полем не исчерпываются возможности находок новых месторождений миароловых турмалиноносных пегматитов в Малханском хребте.

Новым районом с пегматитами с цветным, в том числе, голубым и жёлтым турмалином и ювелирным бериллом может стать бассейн р. Энгорок и верховья р. Блудной, где имеются все предпосылки для организации поисков таких пегматитов, продуктивные части которых не вскрыты эрозией. Перспективные площади должны быть в полях развития метаморфизованных ортопород габбро-диоритового состава малханской серии, прорывающихся мезозойскими морионовыми гранитами.

6.2.1.3. Частично отработанные перспективные промышленные месторождения

В той же структурно-фациальной зоне в бассейне левого притока Чикоя реки Менза расположено *Игнатьевское* (*Водораздельное*) месторождение берилла и цветного турмалина. Оно представлено жилой Водораздельной, имеющей мощность от 2,2 до 10 м при вскрытой длине до 42 м. Выявлено зональное строение: прикон-

тактовая зона сложена кварцево-альбитовым комплексом с шерлом, гранатом, бериллом; к центру жилы он сменяется альбитово-кварцево-микроклиновым со сподуменом (иногда – кунцитом), мусковитом, бериллом. Именно здесь располагается основная масса миарол с бериллом. Наряду с вышеперечисленными минералами присутствуют биотит, лепидолит, танталит-колумбит, микролит, тантал-эшинит, поллуцит, турмалин.

Летом 2012 г. в миароле с альбитовой сыпучкой обнаружены леденцеподобные кристаллы и их сростки до 3–6 см прозрачного зонального берилла. Внутренняя зона окрашена в нежно-сиреневый цвет воробьевита, а внешняя – в светло-жёлтый гелиодора. Внутренние части однородны и бездефектны. Они пригодны для огранки и изготовления мелких камней. Всего добыто около двух килограммов такого сырья.

Берилл представлен розовым, бледно-розовым прозрачным воробьевитом (морганитом). Дефекты выражены в трещиноватости, газово-жидких включениях, создающих замутнённость (см. рис. 86).

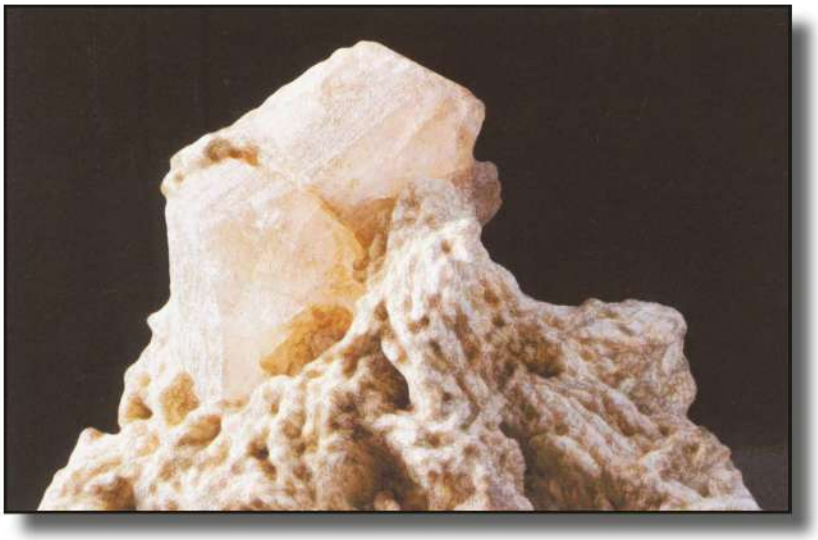


Рис. 86. Кристалл воробьевита (100×50 мм) на клевеландите.
Месторождение Водораздельное. Минералогический музей им. А. В. Сидорова ИрГТУ
[по: Вахромева и др., 2010]. Фото А. С. Шевелева. С разрешения авторов

Кристаллы изометричной и таблитчатой формы, типичной для воробьевита, до 5–6 см в поперечнике. Выход сортового берилла из сырца – 69,5 %. В процессе поисковых и поисково-оценочных работ экспедицией «Байкалкварцсамоцветы» (В. А. Беляев и др., 1984–1986) учтены следующие объёмы добычи: 5 т кварца низкого качества, 21,5 кг сортового берилла, 1 кг полихромного и зелёного турмалина. Турмалин пригоден для фасетной огранки. В продуктивном комплексе отмечаются (в мас. %): Ta_2O_5 – до 0,95, Nb_2O_5 – до 0,025, Li_2O_5 – до 1,9, Rb_2O – до 0,54, Cs_2O – до 0,62. Содержание берилла 697 г/см^3 (от 462 до 24400 г/м^3). Имея в виду возможность продолжения продуктивных зон на глубину и фланги, по аналогии с жилами Малханского месторождения прогнозные ресурсы жилы Водораздельная оценивались в следующих цифрах: более 1600 кг берилла, около 80 кг турмалина и 155 т горного хрусталя. После 1987 г. месторождение отрабатывалосьбесхозяйственно, в 1993 г. была выдана лицензия на поисково-оценочные работы с опытной эксплуатацией ОАО «Гром» (учредители – ряд физических лиц, ГГПП «Бай-

калкварцсамоцветы» и др.). Отчётные данные о добыче, соответствующие действительному положению дел, отсутствуют. Летом 2012 г. стало объектом работ ООО «Забайкальские самоцветы».

В пределах западной части Борщовочного кряжа в *Агинской структурно-фациальной* зоне находится *Завитинское* поле редкометалльных сподуменовых пегматитов, где карьером с 1944 г. разрабатывалось крупное одноименное месторождение, описанное в работе автора [Юргенсон, 2008, с. 28]. В процессе гелого-разведочных и добычных работ была вскрыта крупная жила миароловых пегматитов, получившая название *Полиминеральная*. Она разведывалась штольней на ювелирные камни, прежде всего, цветной турмалин, и попутно отрабатывалась. По богатству турмалиновым кристаллосырьём и его качеству она является уникальной в сравнении с другими дериватами кукульбейских гранитов.

Лепидолитово-рубеллитовые пегматиты Завитинского поля представлены жилами с основным кварцево-мусковитовым комплексом. В процессе разведочных и эксплуатационных работ было вскрыто 150 полостей, не считая мелких заноры-шей, извлечено более 20 кг цветных камней, часть из которых отвечала очень жёстким требованиям технических условий к ювелирному сырью в 1970-х гг. в СССР.

Простирание жилы субсогласно с рассланцованными метаалевролитами. Она сечёт их по падению. Длина жилы – до 140 м, мощность варьирует от 0,6 до 4,5 м в раздуве. Строение жилы сложное, зональность не выдержана. Зональность пегматитовых тел плохо выражена, графические кварцево-микроклиновые зоны отсутствуют. Документация геолого-разведочных работ, в процессе которых добывали камень, не сохранилась. Ниже мы приводим описание жилы Полиминеральная с использованием данных, приведенных в работе Е. Я. Киевленко [Киевленко, 2000].

Преобладают зоны кварцево-микроклинового блокового пегматита, развитого преимущественно ближе к осевой части жилы и на её верхних горизонтах. В призальбандовых частях располагаются зоны кварцево-альбитовых комплексов, содержащих до 20 % мусковита, а непосредственно вдоль контакта развита маломощная прерывистая оторочка аплитовидного гранита. Доля альбитовой зоны с глубиной возрастала. В основном, развиты полости небольших размеров – до 30–60 см, щелевидной формы. Изометричные миаролы встречались редко. Миаролы и мелкие занорыши встречались чаще в кварцево-микроклиновом блоковом пегматите, реже – в альбитовых зонах. Альбит представлен преимущественно клевеландитом.

Турмалиновая минерализация появляется там, где мусковит сменяется лепидолитом. Миароловые пустоты в лепидолитово-рубеллитовых пегматитах многочисленны, а друзовые комплексы представлены минералами в самых различных сочетаниях и количествах. Друзы были сложены микроклином, иногда адуляровидным (5–50 %), кварцем (20–90 %), альбитом (5–60 %), полихромным турмалином (до 60 %), лепидолитом (до 40 %), биотитом, циннвальдитом, бериллом, частью представленным уникальным по окраске оранжево-жёлтым воробьевитом (см. рис. 59), апатитом, топазом, гранатом-спессартином.

В друзах можно было встретить турмалин любой окраски, но всё же преобладали розовый или малиновый эльбаит. Широко были распространены также полихромные разновидности турмалинов. Кристаллы полихромных турмалинов по характеру распределения окраски подразделяются изучавшими их авторами на 3 группы: концентрически-зональные, поперечно-зональные, участково-зональные. Участково-зональные кристаллы турмалинов обычно находились в пегматитах, формирвавшихся в условиях повышенной тектонической активности. Цветовая гамма кристаллов полихромных турмалинов чрезвычайно многообразна и изоби-

лует множеством оттенков и взаимопереходов (чёрный, жёлто-зелёный, зелёный, тёмно-зелёный, сине-зелёный, малиновый, разовый, бледно-розовый, бесцветный). Особенности распределения окраски представлены на рис. 58. Кристаллы имеют размеры 5–10 см по оси *c* и 2–3 см по оси *a*, прозрачные. Многие характеризовались ярко выраженными пьезосвойствами.

О полной отработанности жилы сведений нет. В последние десятилетия в связи с форсированием добычи сподумена на камнесамоцветное сырьё не обращалось достаточного внимания. В будущем следует иметь в виду, что жилы, подобные Полиминеральной, могут быть обнаружены и в пределах Завитинского рудного поля, и в его окрестностях. В сподуменовых пегматитах Завитинского поля также присутствует берилл, но ювелирные разности встречались крайне редко. Есть вероятность обнаружения светло-зелёного берилла и аквамарина в висячих боках жил и во вмещающих сланцах апикальной части месторождения. В частности, в пегматитовых дайках Молоковское при предварительной разведке месторождения бериллия Б. И. Меттихом в 1955 г. отмечен берилл трёх генераций: 1) ранний бледно-зелёный, зеленовато-жёлтый, желтовато-зелёный в плохо образованных трещиноватых кристаллах в блоковой зоне; величина кристаллов варьирует от 0,5 до 60 см, в крупных кристаллах возможны ювелирные монообласти; 2) следующая генерация представлена полупрозрачными голубовато-зелёными кристаллами 0,2×0,5 до 0,5×1,0 см; 3) поздняя генерация представляет собой ростеритово-лепидолитово-клевеландитовый агрегат. В этом парагенезисе могут быть ювелирные ростериты, а в условиях для вхождения цезия и марганца в берилл – и воробьевиты.

В Западно-Борщовочном блоке Аргунской структурно-фациальной зоны в правобережье р. Шилка в Нерчинском районе Забайкальского края в левобережье пади Ургучан, в 6 км выше устья на покрытом редколесьем водораздельном хребте находится *Савватеевское* месторождение драгоценных камней. Оно известно с середины XIX в. Именно здесь в 1847–1848 гг. горный инженер М. Портнягин добыл огромные розовые турмалины весом 8–10 фунтов (3,2–4,0 кг). М. Протнягин работал в Борщовочном кряже по заданию Екатеринбургской гранильной фабрики. Командирование его в Забайкалье директором фабрики Вейцем было обусловлено тем, что знаменитые уральские месторождения к тому времени уже истощались, а царское правительство требовало новых ювелирных изделий для императорского двора. Описание деятельности М. Портнягина в Забайкалье дано А. Е. Ферсманом [1962] и нами по результатам изучения архивных материалов [Юргенсон, Горячкина, 2003].

По данным Л. Н. Черник, за почти вековой период изучения и эксплуатации здесь было добыто свыше 250 кг высококачественного ювелирного турмалина (рубеллит, в меньшей мере верделит), значительный объём аквамарина, золотисто-розового воробьевита, прекрасно принимающего бриллиантовую огранку, а также дымчатый и золотистый кварц. Сведений об общей добыче кварца не имеется, но по данным Г. В. Меркуловой (1937), из отвала старых работ было добыто 0,5 т кварца, часть которого оказалась кондиционной как пьезосырьё. В 1933–1936 гг. интенсивно отрабатывалось Савватеевской партией треста «Русские самоцветы» на пьезотурмалин и пьезокварц, но сведений о добыче в отчётах нет. Месторождение изучалось и эксплуатировалось В. Н. Даниловичем (1932) и Л. Н. Черник (1955–1956). Изучалось оно А. В. Татариновым (1969, 1975), В. М. Смертенко (1972), а также автором (1980–1992).

Месторождение локализовано в кварц-плагиоклазово-биотитовых сланцах, содержащих также амфибол и турмалин (см. рис. 87). Максимальная мощность пегматитового тела – 40–60 м. Оно имеет в плане сложную амебообразную форму. Общее простирание северо-западное, падение крутое.

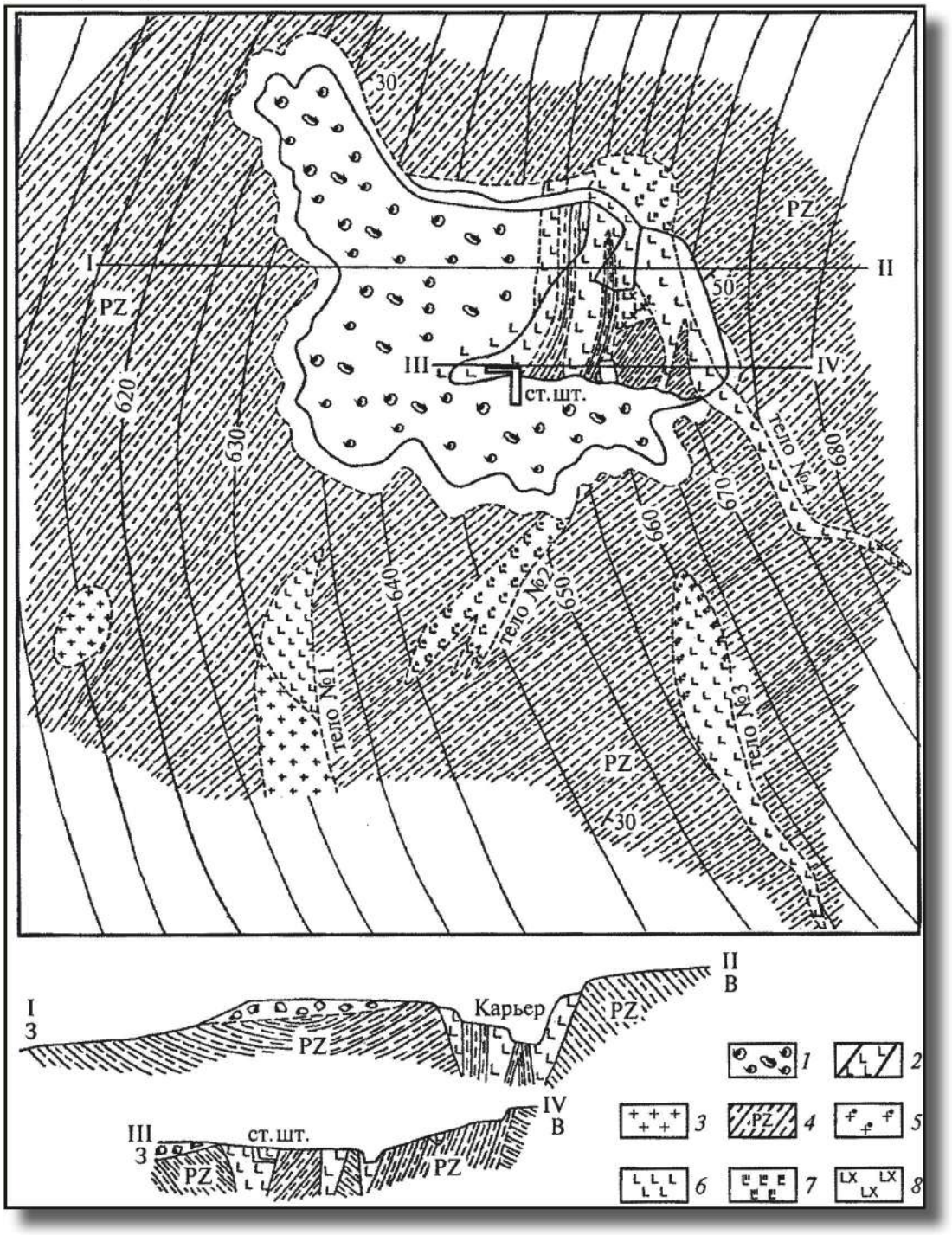


Рис. 87. Схематическая геологическая карта Савватеевского месторождения. Составлена по материалам Л. Н. Черник (1956) с дополнениями. Масштаб 1 : 2000. Условные обозначения:
1 – пегматитовые жилы; 2 – гранит-аплит; 3 – кварцево-плагиоклазово-биотитовые сланцы; 4–7 – пегматит: 4 – аплитовой структуры, 5 – графической структуры, 6 – апографической структуры, 7 – пегматоидной структуры с участками блоковой

Пегматитовое тело прослежено на глубину шахтами и рассечками до 25 м и отработано до 18 м. По представлениям Л. Н. Черник, пегматит образует мощное штокообразное тело длиной до 200 м при ширине около 100 м, инъецированное в ядро антиклинали. Гнёзда с ювелирными камнями находятся по всему объёму пегматитового тела. Размер их – 30–40 см, иногда 0,5–1,0 м, в поперечнике, форма – от щелевидной до шарообразной. Зональность обычная, но со сложными границами. Наиболее обогащена миаролами южная часть. Вертикальная зональность выражается в следующем. Верхняя часть содержит миаролы, в которых на ортоклазовом субстрате развивается голубой клевеландит с крупными (до 1,5 см) песчано-жёлтыми и розово-оранжевыми кристаллами спессартина, позже выделяется альбит-лепидолитовый комплекс, на котором развивается клевеландит, спессартин, воробьевит. В этой зоне часты включения вмещающих сланцев. В нижних горизонтах стенки гнёзд выстланы окристаллизованным микроклином, содержащим дымчатый кварц, полости содержат мелкокристаллический песок и жёлтую глину, в которых находятся кристаллы цветного турмалина, кварца и аквамарина. Турмалин первой генерации преимущественно верделитовый. Кристаллы 2–5 см в поперечнике и 8–10 см по длинной оси. Вторая генерация его образует игольчатые зелёные или светло-розовые кристаллы или шестоватые агрегаты. С глубиной возрастало содержание ортоклаза, дымчатого хрусталя, цветных турмалинов, место воробьевита замещает аквамарин. Кристаллы зелёных, светло-розовых, розовых и полихромных турмалинов имеют 5–6 см в поперечнике и 8–10 см по длинной оси. Аквамарины – голубые, воробьевиты – розовые.

Все исследователи, за исключением В. М. Смертенко, считали, что необходимо систематическое изучение Савватеевского месторождения на глубину с применением бурения с последующей отработкой глубоких горизонтов. Наиболее перспективным признан северный фланг. Если учесть, что продуктивный комплекс жилы Моховая Малханского месторождения продолжается на глубину не менее 50 м, то углубление карьера после разбуривания его дна также может дать значительный прирост запасов.

Высокую оценку месторождению дал посетивший его летом 1914 г. академик В. И. Вернадский. Администрацией Нерчинского района Савватеевское месторождение цветных камней объявлено памятником природы районного значения. Пегматитовые тела хорошо вскрыты, великолепно обнажены контакты их с вмещающими сланцами и гнейсами. Они могут быть хорошим учебным объектом для познания геологии и минералогии лепидолит-турмалиновых пегматитов.

6.2.2. *Промышленные месторождения формации миароловых гранитов и апогранитных грейзенов*

Месторождение Шерловая Гора. К этой формации относится единственное промышленное месторождение Шерловая Гора. Оно находится в Борзинском районе Забайкальского края в непосредственной близости от одноимённого посёлка городского типа на его северо-западной окраине.

Из истории открытия и изучения. Во всей широко известной литературе приводятся сведения о том, что самоцветы на юго-восточном склоне Шерловой Горы впервые открыл нерчинский житель Иван Гурков, но, скорее всего, они были известны местным жителям, аборигенам, значительно раньше. На такую мысль наталкивают хорошо расчленённый рельеф и безлесность этого склона Шерловой Горы: вся эта обширная местность характеризуется выходами на дневную поверхность разрушенных физическим выветриванием гранитов, особенно их обогащённых кварцем, бериллом и топазом разновидностей. Наверняка буряты посе-

щали эту хорошо видную со всех сторон четырёхглавую сопку, и не заметить кристаллов самоцветов, сверкающих в лучах солнца, они не могли. Недаром вся территория Шерловой Горы носила монгольское имя Адун-Челон, означающее «табун камней». Словосочетание «Шерловая Гора» (а точнее, «Ширлова Гора») для этой северо-восточной части горного массива или хребта официально было разрешено использовать Екатериной Второй во второй половине XVIII в. в связи с нахождением здесь принадлежащего ей богатого месторождения «ширлов», удлинённых кристаллов. Косвенным свидетельством того, что буряты знали об этих кристаллах, являются записки П. С. Палласа. Он сообщает, что «*...тунгусы ходя на промыслы собирают их* (кристаллы; авторская орфография и пунктуация старинных изданий и архивов здесь и далее сохранены – *Г. Ю.) детям на игрушки и тут нанесли столько, что мне самому никогдабь найтить было не можно; ибо они не слишком таки много находятся*» [Паллас, 1788, с. 314]. Он полагал, что эти кристаллы могут быть турмалинами или, как тогда их называли, «Бразильскими смарагдами». «*При всём том,* – пишет Паллас далее, – *сколь они ни похожи на Бразильские смарагды, однако при делании не однократно опытов ни чуть Электрической силы не оказали*» [Паллас, 1788, с. 314]. Паллас, полагая, что это турмалины, хотел их наэлектризовать трением и, не получив положительного результата, признал бериллом. Прямыми свидетельствами добычи камня в древние времена являются отмечавшиеся первыми исследователями Шерловой Горы неглубокие старинные выработки, ямы, разрезы. Добыча велась примитивным способом. Для разрушения вмещающих пород использовались огонь и вода. При этом трескались и кристаллы, обломки которых и сейчас можно найти около старых выработок. И, как полагал А. Е. Ферсман, «*…даже самые простые и поверхностные работы давали во многих случаях богатую добычу*» [Ферсман, 1962, с. 450].

Официальная история Шерловогорского месторождения самоцветов начинается с заявки вольнонаёмного работника Нерчинского горного округа, происходившего из жителей Иркутска, Ивана Гуркова, впервые нашедшего драгоценные камни, надо полагать, в делювии. Не имея данных о времени первой находки кристаллов аквамарина, Александр Иванович Кулибин предположил, что это произошло в 1723 г. Он писал: «*...Знаменитое Адун-Чилонское* (теперь Шерловогорское – *прим. авт.*) *месторождение цветных камней открыто, как должно полагать, в 1723 году нерчинским жителем Гурковым, ибо в Указе Государственной Бергколлегии от 22 декабря 1724 года за это открытие велено выдать ему в награждение пять рублей...*» [Кулибин, 1829, с. 6]. В 2000 г. аспиранткой Анной Геннадьевной Горячкиной по заданию автора в Государственном архиве Читинской области (ГАЧО) были найдены новые материалы об открытии и ранних этапах разведки Шерловогорского месторождения ювелирных камней [Юргенсон, Горячкина, 2003].

Выяснилось, что в 1724 г., скорее всего зимой, Иван Гурков подал доношение тогдашнему управляющему Нерчинскими сереброплавильными заводами «*...командиру Тимофею Бурцеву*», не забыв приложить найденные камни [ГАЧО, ф. 31, оп. 1, д. 24, л. 151]. Вероятно, к весне того же года, поскольку надёжная связь со столицей устанавливалась только зимой с наступлением холодов и становлением льда на Байкале и великих реках Сибири (Енисее, Оби и их притоках), заявка и камни с почтой или с «серебряным караваном» были доставлены в Петербург. Удалось установить, что известное решение Бергколлегии от 22 декабря 1724 г. [Кулибин, 1829] о вознаграждении И. Гуркова было принято после опытной огранки камней, присланных Т. Бурцевым в Петербург, учеником «резных дел» Иваном Ивановым. «*...Он ограня подал доношение что каменья явились годными*». И только после этого Указом Бергколлегии «*...повелено оному Гуркову за объявление тех каменьев и наперёд для охоты выдать наличных денег пять рублей*» [ГАЧО, ф. 31, д. 24, л. 148].

Указ достиг Нерчинска только 24 октября 1725 г. Документ открывает и имя мастера-огранщика, давшего первую *«путёвку в свет»* шерловогорским самоцветам. В этом же указе *«…велено к сыску»* не только аквамаринов и *«топасов»*, но и *«яхонтов»*. Бергколлегия не ограничилась лишь распоряжением искать камни-самоцветы. Вместе с указом об организации поисков этих *«...камней присланы образцы... сердоликов, восточных хрусталей (вероятно, дымчатых – прим. авт.), топасов, фатисов* (гиацинтов – *прим. авт.*) *и яшмовый камень»*. В подтверждение этому неизвестный автор архивного материала сообщает: *«...О сыску и присылке оных каменьев в Екатеринбурге от Генерал-Маиора Геннина указом от 14 апреля 1726 года предписано»*, для чего разрешено было для поисков *«...послать на то место его Гуркова с людьми...»* Однако полагавшегося вознаграждения Гурков, как следует из его же *«доношения»*, датированного августом 1760 г. и отправленного из Иркутска в канцелярию Нерчинского горного начальства, не получил: *«...назначенных денег мне и поныне ещё не выдано...»*. Тем не менее, он просит снабдить его указом *«...особо здешнего Селенгинского и Нерчинского ведомству по разным местам и урочищам искать разного вида горных цветных каменьев и разных же руд...»* [ГАЧО, ф. 31, д. 24, л. 148]. В этом же году, получив подорожную, вместе с сыновьями Борисом, Лаврентием и Семёном, а также с рудокопами он отправляется вниз по реке Аргуни для сбора цветных камней [ГАЧО, ф. 31, д. 24, л. 171]. Из этого следует, что Гурков был по тем временам известный и высококвалифицированный знаток камня и условий их нахождения.

Официальных данных о добыче аквамарина и топаза на Шерловой Горе в первые полвека после открытия их И. Гурковым не сохранилось. Систематические добычные работы на цветной камень, нашедшие отражение в архивных материалах, начались в западной части Шерловогорского массива с 1776 г. под командованием статского советника Нарышкина, бывшего командиром Нерчинских Заводов. Вероятно, проводились работы и значительно раньше. Об этом свидетельствует «Инструкция» от 7 апреля 1764 г., в которой в 18 пунктах предписывалось искать и добывать на основе добровольного подряда как цветные камни, так и декоративно-облицовочный материал для строительства и украшения дворцов в Петербурге. После некоторого перерыва в 1780 г., когда заводами управлял Александр Матвеевич Карамышев, именем которого назван Карамышевский отрог на Шерловой Горе, добыча аквамарина велась по поручению иркутского губернатора Ф. Н. Клички. Из рукописи Лосева 1819 г. [Ферсман, 1962] следует, что с 1777 г. (в архивных данных – с 1776) Нерчинское заводское горное начальство производило добычу камней на Шерловой Горе, но в литературе приводятся сведения об объёмах добычи только с 1796 г. [Ферсман, 1962]. В последней четверти XVIII в. Шерловая Гора становится настолько известной, что её посещают П. С. Паллас (лето 1772 г.), И. Г. Георги (1775 г.) и француз Евгений Патрен (1785 г.). Результаты проведённых наблюдений отражены в публикациях этих авторов, первое же по времени появления в западноевропейской минералогической литературе описание адун-челонского (шерловогорского) аквамарина мы видим в 1782 г. в статье В. Саже [Sage, 1782]. О посещении им Шерловой Горы сведений нет; вероятно, информацию он получил от П. С. Палласа или от И. Г. Георги. Побывавший на Тут-Халтуйском (Шерловогорском) месторождении Патрен в 1791 г. [Patrin, 1791] дал прекрасное для того времени его описание. Как свидетельствует почти дословный перевод статьи Е. Патрена В. М. Севергиным, *«…кристаллы аквамарина имеют иззелена-синеватый или иссиня-зеленоватый цвет, величина их различная; прозрачные обыкновенно бывают невелики, нечистые же иногда до 1–2 футов длины. Кристаллизация их в виде шестисторонних призм, часто вдоль струистых и желобковатых и чисто срезанных горизонтальной плоскостью в одном конце. Он добывается в Адун-Чолоне (по-старому – Тут-Халтуе) в трёх местах, из коих одно доставляет те породы, кои называются*

хризолитом, другие – аквамарином, а третье – изумруды...». «…Мнимые "хризолиты" рассыпаны в разрушенном граните, смешаны с железистой глиной и таким количеством вольфрама, что в некоторых местах почти чёрен… Жиловатая порода аквамаринов есть беловатый камень, смешанный с большим количеством мышьячных колчеданов, – аквамарины рассыпаны в оном без разбору и по всем местам, часто бывают смешаны с черноватыми кварцевыми кристаллами и топазами. Есть образцы, в коих сии три камня взаимно себя проникают. Другая не менее примечательная достойная особенность есть та, что сии столь твёрдые кристаллы отменно бывают хрупки, при вынутии их из ломки многие простые призмы ломаются в руках…» [Севергин,1795, с. 54, 57].

Лучшие камни были добыты под руководством гиттенфервальтера Хоппе в период между 1781 и 1785 гг. В 1785 и 1786 гг. под началом асессора Грамматчикова добывались в большом количестве жёлтые кристаллы берилла – гелиодора на Золотом отроге, получившем в связи с этим своё название. Все эти находки подготовили представление императрицы Екатерины II о необходимости обратить особое внимание на богатейший источник входившего в моду зеленовато-голубого самоцвета. Это было связано ещё и с тем, что сине-голубая окраска шерловогорских камней в целом эффектнее и долговечнее уральских, о чём, например, свидетельствует оценка «адунчелонских» аквамаринов, данная восхищённым Гербертом Смитом: «*...изумительные голубые, зелёные и жёлтые бериллы в ассоциации с топазом и дымчатым кварцем встречены в пегматитах хребта Адун-Челон в Забайкалье*» [Смит, 1980, с. 326].

Действительно, по чистоте окраски, яркости и причудливости игры редкий аквамарин сравнится с адун-челонским. «*...Брат изумруда, восхитительный аквамарин, который кажется, попал к вам прямо из скрытой в глубинах тёплого моря сокровищницы русалок, обладает чарами, которые нельзя отрицать*», – писал он [Там же, с. 316]. Здесь и везде в работах зарубежных авторов под Адун-Челоном следует понимать Шерловую Гору, так как собственно адун-челонских пегматитовых камней в их распоряжении, за редким исключением, не было.

В 1787 г. 9 марта вышел указ Кабинета Её Императорского Величества о необходимости организации добычи камня под присмотром надёжного, присланного из Петербурга обер-офицера. К работам на Шерловой Горе вновь был привлечен гиттенфервальтер Хоппе. Результаты не замедлили сказаться: в деле № 268, л. 4 того же фонда ГАЧО в документе от 30 июня 1788 г. сказано об отправке в Петербург 62 пудов и 8 фунтов (995,2 кг, почти тонны!), «*...сысканных в 1787 году аквамаринов и других ...камней*».

Императрица принимает решение завладеть богатым участком, и согласно указу Кабинета от 5 апреля 1788 г. он был ею приобретён. Бывший в это время начальником сереброплавильных заводов в Нерчинском горном округе Е. Е. Барбот-де-Марни настоятельно требовал отвода этого участка «*...в заводское заведывание*». Отвод был произведён «*...Геодезии Под-Прапорщиком Лебедевым*» [ГАЧО, ф. 31, д. 444, л. 362]. Это, вероятно, тот самый Дорофей Лебедев, который в 1789–1791 гг. по заданию Барбота-де-Марни составил первую геологическую карту в России (в Восточном Забайкалье) и одну из первых в мире [Юргенсон и др.,1999]. В мае 1788 г. Нерчинская горная экспедиция отправила в урочище Адун-Челон (т. е. на Шерловую Гору) поисковую партию во главе с унтершихтмейстером Петром Киргизовым. Он должен был укрепить «по горному правилу» старые выработки, привезти в Нерчинский Завод образцы минералов и горных пород, разведать новые участки и вблизи от наиболее перспективных построить зимовье. Следом выехал сам гиттенфервальтер Хоппе. Обследуя восточные окрестности Сопки Лукавой, он продвинулся к Сопке Большой и обнаружил серебро- и оловосодержащие руды. Как выяснил А. Мясников (2006), 11 июня 1788 г. Е. Е. Барбот-де-Марни по-

даёт предложение о создании в Нерчинском Заводе первого в Забайкалье минералогического кабинета, фактически, музея. Он полагает, что великолепные образцы кристаллов топаза, берилла и кварца должны украшать его собрание. Для этого он поручает унтершихтмейстеру Петру Киргизову добыть их и доставить в музей. Уже в сентябре того же года вернувшийся с Адун-Челона (Шерловой Горы). Киргизов, как выяснил читинский краевед А. Мясников, отрапортовал: «*...добытые ширловые и других пород щётки и аквамаринные камни мною привезены и зданы в казенной кабинет господину маркшейдеру Рычкову...*» [Мясников, 2006, с. 20; ГАЧО ф. 31, оп. 1, д. 275, л. 67]. В Минералогическом кабинете Е. Е. Барбота-де-Марни и в его личной коллекции хранилось много образцом минералов, добытых на Шерловой Горе. Это были: «*щётка аквамаринных хрусталей с охренным обметом*», «*дымчатой топаз проникнутой аквамаринными хрусталями с шишковатым зелёным кварцовым обметом*», «*шишковатой светляк с белым свинцовым обметом и шерлами*», «*12 кусков особенного аквамаринного охрусталования*» и «*щётка белых топазов с чёрными дымчатыми хрусталями, покрытыми чёрными шерлами*» [Мясников, 2006, с. 20]. После смерти Е. Е. Барбота-де-Марни, последовавшей 6 февраля 1796 года, коллекция его была продана за 700 р. тайному советнику, члену Кабинета В. И. Попову, который увёз её в Петербург. Вырученные деньги пошли в уплату долгов покойного [Мясников, 2006, с. 23; ГАЧО, д. 31, оп.1, д. 272, л. 19].

В 1796 г. 23–25 мая член Нерчинской горной экспедиции Томилов, отметив хаотичность прежних горных работ, превративших склон Гопеевской сопки (русифицированного названия от фамилии Хоппе) в так называемую «пашню», приказал пройти «разнос» (разрез) от её основания до верха. В результате только за указанные три дня было добыто 10 фунтов аквамарина. Всего же за сезон в процессе проходки «разноса» добыли более 5 пудов самоцветов, из которых «*...четыре пуда с фунтами с караваном серебра (было отправлено в Петербург). Такого количества аквамаринов, не говоря о хорошем их качестве, до тех пор ещё не добывалось*» [ГАЧО, ф. 31, д. 444, л. 365].

Сводку о минералогии руд полиметаллических месторождений Юго-Восточного Забайкалья, в том числе и Шерловой Горы, сделал в 1801 г. ординарный академик Петербургской академии наук Б. Ф. И. Герман (1755–1815), бывший в 1784–1796 гг. руководителем экспедиций по сибирским горнозаводским округам. В 1792 г. он опубликовал обстоятельное описание шерловогорского аквамарина, отметил самородное серебро и первым указал на содержание цинка в глине, содержащей аквамарин Шерловой Горы.

С конца XVIII в. коллекционирование минералов стало всеобщим увлечением как в России, так и за рубежом. Сохранились сведения о коллекции образцов с Шерловой Горы, с которой работал В. М. Севергин. Позже шерловогорские кристаллы изучал другой знаменитый российский минералог – Н. И. Кокшаров. А. Е. Ферсман отмечал, что большинство оригиналов кристаллов, измеренных Н. И. Кокшаровым, хранятся в собрании Горного музея (Санкт-Петербург) и в коллекции П. А. Кочубея (ныне находящейся в Минералогическом музее им. А. Е. Ферсмана РАН).

В начале XIX в. добыча камней на Шерловой Горе велась с переменным успехом. Работы шли без крепей, путём проходки больших шурфов глубиной до 6 м, с небольшими ортами. Выбиралось только высококачественное сырьё и коллекционные штуфы. Никакой документации не велось. Выработки быстро заваливались и приходили в негодность.

В 1810–1820-е гг. добычей руководили инженеры Нерчинского горного округа, и, по данным А. Е. Ферсмана, только в 1810 и 1819 гг. добыто «*свыше11 пудов берилла*» [Ферсман, 1962, с. 451].

В рукописи Лосева, найденной А. Е. Ферсманом в архивах Минералогического музея Академии наук (ныне Минералогический музей им. А. Е. Ферсмана РАН), дана следующая характеристика Шерловой Горы: «*Шерловая гора составляет кряж, знаемый под именем Адунчелонский, что значит "табунам подобные каменья", которые наполнили оные. Сии горы составляют собою особую дачу, принадлежащую Нерчинской горной экспедиции, которая состоит внутри второй дачи, принятой во владение Хоринскими 11 родов бурятами, взамен уступленным ими под новые поселения земель, обмежёвана в 1816 г. сентября 4-го дня. Вся площадь её содержит 9950 десятин 1050 квадр. сажен. Во время межевания я видел 8 рудокопов при унтершихтмейстере. Они с июня до октября ежегодно с 1777 г. производят горокопие ширфованием и штольнями, выламывают аквамарины, бериллы и другие дорогие каменья на изделия в Высочайший кабинет потребные*» [Ферсман, 1962, с. 451].

В 1826 г. на Шерловой Горе побывал Г. Г. Гесс. В своей публикации [Гесс, 1828] он указывает, что аквамарин и топаз слагают друзы, находящиеся в трещинах, рассекающих граниты в разных направлениях, трещины заполнены «каменным мозгом» (так от немецкого *Steinmark* называлась окаменевшая глина, чаще всего состоящая из каолинита и галлуазита с примесью похожего на хлорит вещества). Находящиеся в этих друзах кристаллы топаза и берилла сопровождаются большей частью дымчатым кварцем, иногда оловянным камнем (касситеритом) и волчецом (вольфрамитом). В работе Гесса есть важное указание на то, что шерл не попадается совсем. Кроме того, отметим, что это первое упоминание в литературе шерловогорского касситерита.

Из найденного в Читинском госархиве «Путевого журнала маркшейдера Кулибина, 1828» известно, что Александр Иванович Кулибин, сын гениального механика-самоучки Ивана Ивановича Кулибина, получив 22 мая 1828 г. «*...подорожную, отправился из Нерчинского завода вследствие предписания Г. Исправляющего должность начальника Нерчинских заводов от 16 мая вместе с учениками маркшейдера Сенотрусовым и пробирным Нестеровым...*» и прибыл на Шерловую Гору 26 мая 1828 г. [ГАЧО, ф. 31, д. 444, л. 389]. В этот же день он приступает к изучению месторождения. А. И. Кулибин отмечает, что горные работы не производились, «*а копи, в коих производилась добыча топазов и бериллов*», обрушились или были завалены перебираемыми отвалами и пустой породой, и указывает на возможность распространения аквамариноносных пород на северном склоне горы. Он пишет: «*...северная сторона Гопиевой и Лукавой горы, начиная от вершины, покрыта огромными глыбами гранита и топазовой породы, а далее – мелким, но чрезвычайно частым берёзовым лесом. Покать сия, хотя состоит из того же гранита и, по всему вероятию, должна заключать месторождения тех же цветных камней, но она исследована весьма мало. Причины сего должно искать в самой неудобности такового исследования, потому что прежними шурфами, находящимися ближе к вершине горы, нежели к подошве, при углублении их более сажени не могли ещё пробить россыпи, состоящей из разрушенного гранита*». Эта часть Шерловогорского массива до сих пор не изучена, хотя кристаллы берилла и дымчатого кварца ювелирного качества современные старатели, в частности А. Кузнецов с товарищами, пробравшиеся в 2008 г. в выработки, пройденные при создании подземного штаба войск Забайкальского фронта во время Великой отечественной войны, добывают. А. И. Кулибин составил план Шерловой Горы, на котором впервые штриховым способом показал рельеф и все более или менее крупные выработки, сохранившиеся к 1828 г. План датирован 1829-м г. Он публиковался нами дважды [Геологические исследования… , 1999; Юргенсон, Кононов, 2014] и потому здесь не приводится. Как следует из путевого журнала А. И. Кулибина, 1–7-го июня того же года он впервые изучает петрографический состав собственно Адун-Челонского гранитного массива и обнаруживает миаролы и трещины, выполненные

дымчатым кварцем, флюоритом и шерлом. «*Подошвы утёсов и бока гор покрыты чрезвычайно большими глыбами и неправильными плитами гранита. В сих то утёсах видно, что порода сия заключает во внутренности своей небольшие пустоты и трещины, на стенах коих находятся щетки из кристаллов полевого шпата и дымчатого стекловидного кварца. Последние нередко встречаются обломками в разрушенной породе... Почти при самом соединении гранита с формациею кремнистого сланца я выбил тут несколько шурфов, но не смог открыть их месторождений. В одном из таковых шурфов найден был кусок гранита с железистым волчецом (ферберитом, столь обычными* для миароловых гранитов собственно Шерловой Горы – *прим. авт.*). *Гранит сей содержит в себе в некоторых местах венису и черный шерл. Толщи его содержат в себе гнёзда и пересекаются во многих местах жилами и прожилками кварца, иногда совершенно стекловидного иногда обыкновенного. Кварц содержит в себе иногда лучистый чёрный шерл*». В этом журнале он приводит сведения и о древних копях.

Таким образом, можно считать установленным факт открытия А. И. Кулибиным 1–7 июня 1828 г. для российской науки в гранитном массиве Кукусыркен или, как его теперь называют, Адун-Челон, проявлений самоцветов. Именно с этого момента начинается действительное разделение географических понятий Ширловая (или Шерловая) Гора и Адун-Челон. Первое из них, относящееся к восточной части Адун-Челон-Шерловогорской рудно-магматической системы, является комплексным вольфрамово-висмутово-оловянно-бериллово-топазовым месторождением, традиционно считавшимся грейзеновым, переходящим на востоке в олово-полиметаллическое месторождение Сопки Большой и Восточной аномалии. Второе – крупное пегматитовое поле с камерными и миароловыми гранитными пегматитами, содержащими ювелирные топаз, аквамарин, зелёный берилл и гелиодор, а также морион и дымчатый кварц. Из анализа упомянутого полевого журнала с очевидностью вытекает также и то, что А. И. Кулибин пришёл к выводу о единстве собственно Адун-Челонского и Шерловогорского гранитных массивов. Это его предположение тогда же, в 1829 г., было поддержано А. Таскиным [1829]. Аналогичной точки зрения придерживался и А. Е. Ферсман, но доказательства единства Адун-Челона и Шерловой Горы были получены лишь в 1960-х гг., а схема их сочленения составлена А. И. Кулагашевым.

А. И. Кулибин занимался и детальным изучением Шерловогорского месторождения самоцветов. Его перу принадлежит наиболее близкое к современному описание минералов. Он чётко увидел отличие шерловогорских грейзенов от классических, что впоследствии нашло отражение у А. Е. Ферсмана в его работе «Пегматиты» [Ферсман, 1940] и послужило предпосылкой для разработки концепции об отнесении шерловогорских грейзенов к особым, обогащённым летучими компонентами, миароловым гранитам [Юргенсон, 1996].

С открытием россыпного золота А. И. Кулибиным в 1828 г. на р. Унда [Кулибин, 1829], в 1832 г. штейгером Мартемьяновым в долине пади Кучертай, притоке р. Куенга (Игнаткин, 1996), а затем А. А. Черкасовым, Н. П. Аносовым, И. А. Павлуцким, И. Е. Разгильдеевым и другими горными инженерами в долинах ещё некоторых рек Забайкалья, а также самоцветов в Борщовочном кряже (Юргенсон и др., 1999) добыча камней на Шерловой Горе стала проводиться нерегулярно. Аквамарин и топаз на известных участках были выработаны, а на разведку новых не хватало средств и технических возможностей. Да и сереброплавильные заводы Нерчинского горного округа, снаряжавшего отряды и партии для добычи камня на Шерловой Горе, тоже приходили в упадок. Летом 1849 и 1850 гг. поисковые партии посылались и на Адун-Челон, и в бассейн реки Урульга в Борщовочном кряже. Летом 1849 г., как свидетельствует архив, в горах Адун-Челона было добыто 3 пуда 21 фунт (86,49 кг) аквамарина и топаза, из которых «... *несколько кусков аква-*

маринов и тяжеловесов, более замечательных по кристаллографическому отношению, но не имеющих ювелирных достоинств, весом до одного фунта отправлены в С.-Петербург при караване к Его Императорскому Высочеству Герцогу Максимилиану Лейхтенбергскому...» [ГАЧО, ф. 31, д. 444, л. 485]. Однако считать их достоверно адун-челонскими всё-таки нельзя. Как следует из рапорта надворного советника В. Н. Титова, написанного в 1852 г., Шерловую Гору по традиции продолжали именовать Адун-Челоном. Об этом свидетельствует его указание на то, что часть людей работала на «Адун-Челонской Горе», а часть была направлена на Кукусыркен. Этим именем обозначали Адун-Челон, чтобы избежать путаницы.

В. Н. Титов прибывает в Нерчинский округ в 1852 г. по приказанию генерал-губернатора Восточной Сибири для осмотра месторождений цветных камней. После ознакомления с состоянием дел в рапорте Венцелю от 26 мая 1853 года он отмечает, *«…что в 1792 году существовало в Нерчинском округе гранильное искусство под ведением Нерчинской конторы; но когда оно заведено, сколько лет продолжалось и по каким причинам уничтожено и какое было производство работ подробных сведений об этом никаких нет»*. Из этого же рапорта следует, что Титов первым делом отправился на добычные работы, производимые на Шерловой Горе. Однако, сделав осмотр этих работ (старых работ на Куцаньей, ныне известной больше под названием Миллионной), он посчитал нужным перевести добычу на Кукусыркен. Особого успеха, видимо, не было и там. По его мнению, связано это было с недостатком людей, *«...отчего они роются преимущественно в старых выработках, уже обысканных и не открывают новых месторождений»*. В итоге он рекомендует *«...для обработки цветных камней и некоторых минералов было бы весьма полезно устроить в Нерчинском округе небольшое гранильное производство, ...а для приведения в известность всех месторождений, для ежегодных, постоянных разведок и разработок со стороны казны, было бы полезно подчинить их особому надзору»*. К рапорту приложена составленная им карта Нерчинского округа и планы месторождений цветных камней. Каких-либо точных, привязанных ко времени и месту сведений о добычных работах на Шерловой Горе после 1850-х гг. не найдено. Это связано, вероятно, с тем, что с этого времени все поисковые работы на цветные камни на Урале и в Сибири, в частности в Забайкалье, проводились с ведома Екатеринбургской гранильной фабрики. Как предполагал А. Е. Ферсман (1962), эпизодически, вполне возможно, участки земель, находившиеся в ведении Кабинета, сдавались отдельным предприимчивым лицам, которые, отработав с тем или иным успехом какие-то части месторождения, оставляли их. О месторождении знали и китайцы, которые, вероятно, тоже занимались добычей камня.

Совершенные кристаллы берилла и топаза Шерловой Горы вместе с аквамариновым и гелиодоровым сырьём поступали в распоряжение Императорского двора и большей частью шли на огранку. Коллекционные образцы – кристаллы и друзы берилла, топаза и мориона оказывались в собраниях частных лиц и в музеях как в России, так и за рубежом. Благодаря этому стало возможным первое детальное гониометрическое описание кристаллов берилла и топаза, выполненное Николаем Ивановичем Кокшаровым и опубликованное в его знаменитых «Материалах для минералогии России» [Кокшаров, 1853, 1856].

В 1853–1866 гг. Н. И. Кокшаров проводит сравнительное гониометрическое изучение кристаллов топаза и берилла с Шерловой Горы и других месторождений и дает их описание. Он указывает на важнейшую особенность шерловогорских и кукусыркенских кристаллов берилла, заключающуюся в грубой продольной (или, как он пишет, «вертикальной») исштрихованности граней их призмы. *«... Этим свойством они резко отличаются от кристаллов берилла из Борщовочного кряжа и от происходящих из Урала...»* [Кокшаров, 1856, с. 212].

К середине XIX в. практически всё, что можно было взять с поверхности интенсивно изменённого гипергенными процессами месторождения, оказалось собранным. Выработки на Куцаньей (Миллионной) яме, Новиковской жиле, Золотом отроге и других участках достигали 15–20 м. Их проходка прекращалась по мере достижения коренных пород. Тем не менее, по данным А. Е. Ферсмана (1962), в 1910 г. светлый шерловогорский аквамарин продавался торговым фирмам из Германии «*…по 350–450 р. за фунт (т. е. приблизительно по 1 руб. за грамм), тогда как добыча одного фунта стоила всего 100 руб...*» [Ферсман, 1962, с. 455]. Это свидетельствует о постоянной неизменно практиковавшейся добыче шерловогорских самоцветов на месторождении и поступлении их на рынок.

В 1899 г. И. А. Корзухин публикует сведения об оловянных и других месторождениях Забайкалья, где впервые ставит вопрос о промышленном значении Шерловой Горы как месторождения олова и вольфрама (вероятно, он не знал о старой статье Г. Г. Гесса). К началу XX в. относятся открытие на Шерловой Горе вольфрамовых, а затем оловянных и висмутовых россыпей и начало их отработки. Только с 1912 г., когда за 10 тыс. р. месторождение арендовал владелец погребальной конторы в Иркутске Н. Ф. Поднебесных и привлёк в качестве консультанта известного минералога П. П. Сущинского, командированного в Забайкалье Академией наук для изучения месторождений цветных камней, олова и вольфрама, началась геологически относительно грамотная его разведка, а также разработка, продолжавшаяся до 1915 г. с использованием дешёвого труда наёмных китайских рабочих. Эти работы производились главным образом на западной оконечности поля развития шерловогорских гранитов.

Отрабатывались жильные зоны, получившие впоследствии имя предпринимателя: Поднебесных-I и Поднебесных-II.

Характерной особенностью продуктивных зон, эксплуатировавшихся Н. Ф. Поднебесных, было обилие арсенопирита и продукта его окисления – скородита. Кристаллы аквамарина находились в относительно рыхлой, иногда землистой массе и достигали 25 см в длину, но, как правило, были расколоты на куски поперёк удлинения. По далеко не полным оценкам, Н. Ф. Поднебесных добыл за три года около 300 кг ювелирного аквамарина.

В те же годы (1912–1915) на Шерловой Горе организовал добычу камня и читинский ювелир Зубрицкий. Конкретных сведений о количестве добытого им камня нет. Как указывает А. Е. Ферсман, за эти годы «*…было добыто весьма значительное количество бериллов, поступавших главным образом на екатеринбургский рынок...*» [Ферсман, 1962, с. 452]. Шерловогорский аквамарин был существенной поддержкой для одноимённой гранильной фабрики.

Специальные минералогические исследования П. П. Сущинского, проведённые с 1914 по 1917 гг., показали сложность минерального состава продуктивных тел и изменчивость условий их образования. Он выявил сложные взаимоотношения между бериллом, вольфрамитом, топазом и кварцем, а также наложенный характер арсенопирита и флюорита [Сущинский, 1917]. В сводной работе по цветным камням Забайкалья, опубликованной в 1925 г., он описал наиболее крупные выработки месторождения, составил его карту с их размещением и указал, что «вместилищем аквамаринов и топазов» является «кварцеватая» порода – «грейзен» [Сущинский, 1925, с. 23]. Потребности страны в период Первой мировой войны и отказ Германии поставлять для металлургической промышленности России руды вольфрама и молибдена побудили осваивать собственные месторождения этих металлов. Известный ещё с конца XVIII столетия вольфрамит Шерловой Горы стал востребован, и непременным условием добычи ювелирного берилла было выдвинуто попутное извлечение вольфрамита, который до этого выбрасывали

в отвалы. Для нужд военной промышленности требовался также и висмут, поэтому К. А. Ненадкевич по заданию Комиссии по изучению естественных производительных сил России при Академии наук (КЕПС) провёл специальные исследования висмутоносности Забайкалья и на Шерловой Горе обнаружил бисмутит.

Значительный вклад в познание Шерловой Горы как комплексного месторождения внесли геологи М. М. Тетяев (1918), А. К. Болдырев, Я. А. Луи (1929), Г. В. Холмов (1929), О. Д. Левицкий (1933–1939), Н. В. Ионин (1937), В. А. Гущин (1951–1960) и др. Месторождение посещал и А. Е. Ферсман. После работ П. П. Сущинского и до середины XX в. Шерловая Гора не рассматривалась как важный источник самоцветов. В период индустриализации страны она стала важнейшим источником олова, висмута, вольфрама и в какой-то мере бериллия.

Шерловая Гора занимает господствующее положение во всхолмленном рельефе степной зоны Юго-Восточного Забайкалья, чем определяется её важное военно-стратегическое значение. Это послужило причиной создания 15 сентября 1941 г., в начале Великой Отечественной войны, Забайкальского фронта, ориентированного на противодействие готовящегося наступления Квантунской армии Японии. Штаб фронта расположился в пос. Шерловая Гора. Директивой ставки Верховного Главного Командования № 30156 от 27 июля 1943 г., подписанной И. В. Сталиным и маршалом А. М. Василевским, командующему войсками Забайкальского фронта генерал-полковнику М. П. Ковалеву на случай нападения Японии [ЦАМО, ф. 148*а*, оп. 3763, д. 101, л. 19–22] было приказано организовать уничтожение противника и далее перейти в наступление на территории Монголии и Китая. Штаб в Шерловой Горе был местом работы маршала Р. Я. Малиновского. В процессе проходки подземных ходов, строительства подземных помещений штаба и долговременных огневых точек, включая капониры, было вскрыто множество продуктивных тел с самоцветами. Этот материал оказался в отвалах и стал предметом добычи для местного населения после 1990-х гг..

Шерловая Гора в конце 1940-х гг. считалась одним из возможных источников урана для советской атомной промышленности. Об этом свидетельствует такой факт: 25 сентября 1948 г. И. В. Сталин подписал Постановление Совета министров СССР № 3583–1443 сс «О контрольных цифрах к плану специальных работ на 1949 год», в котором поручалось «*…Первому главному управлению при Совете министров СССР и Министерству металлургической промышленности рассмотреть вопрос о целесообразности организации в 1949 г. добычи и переработки руд А-9 на месторождении Шерловая Гора...*». А-9 – это закодированное название урана. Причиной для такого решения было открытие урановой слюдки в зоне окисления оловянных руд на Кварц-турмалиновом отроге Шерловой Горы. В 1946 г. была проведена детальная разведка и подсчитаны запасы урана в 147 т при содержании 0,07 %. Однако развернуть работы на Шерловой Горе помешало открытие Ермаковского месторождения урана на севере Забайкалья. Вскоре вследствие малых запасов оно было оставлено, и вновь обратились к Шерловой Горе. В постановлении Совета министров СССР от 14 февраля 1950 г. вновь было указано на необходимость освоения «фосфорных руд» Шерловогорского месторождения. Так были зашифрованы потенциальные ураново-слюдковые руды. Но и в этот раз добычу урана на Шерловой Горе не организовали, так как в Балейском районе, в предгорьях Борщовочного кряжа началась добыча монацита, содержащего как торий, так и уран.

В это же время минералогия Шерловой Горы была предметом изучения М. Б. Чистяковой и О. В. Кононова, получивших новые данные о строении продуктивных тел и последовательности минералообразования. Они же составили петрологическую карту Шерловогорского массива. С 1951 по 1968-й гг. Шерловую Гору периодически посещал В. Ф. Барабанов. Он и его помощники, в отличие от

всех предшественников, впервые изучили многие минералы Шерловой Горы с использованием современных методов исследования (ДТА, ИКС, рентгенофазовый анализ, электронный микрозонд и др.). Исследовались не только кристаллы целиком, но и, в частности, фрагменты зональных кристаллов, что позволило получить первые данные по распределению примесей и свойствам различно окрашенных зон кристаллов берилла.

В 1954–1955 гг. партия Читинского Геологического Управления под руководством В. И. Педино проводила ревизионные и поисково-разведочные работы на Шерловогорском и Адун-Челонском месторождениях цветных и поделочных камней. Были расчищены старые копи, пройдены новые подземные горные выработки на жилах Поднебесных и Миллионной, заложены канавы для вскрытия грейзеновых зон, выкопаны мелкие шурфы по сети 20×50 и 20×100 м на склонах падей с целью поисков россыпей аквамарина. В результате был сделан вывод о недостаточной промышленной ценности месторождения как объекта добычи ювелирных и цветных камней. Из жилы Поднебесных извлечено 12942 кг некондиционного сырья, по жиле Миллионной – 99 г кондиционных кристаллов. Основанием для отрицательного вывода мы считаем завышенные требования тех лет к ювелирному сырью и отсутствие чётких представлений о структуре месторождения.

В 1957–1959 гг. партия Московского геолого-разведочного института (МГРИ) в составе И. Ф. Григорьева, В. В. Аристова и других геологов составила кондиционную геологическую карту района Шерловой Горы и Адун-Челона масштаба 1 : 50 000. Одновременно сотрудниками МГРИ была создана детальная геологическая карта Шерловогорского массива в масштабе 1 : 2000. Е. И. Доломановой в 1961 г. было высказано мнение, что гнёзда с аквамарином приурочены к лейкократовым типам грейзенов – кварцево-топазовым, кварцевым и топазовым.

В 1960–1965 гг. Шерловогорской ГРП Министерства цветной металлургии СССР (В. А. Гущин) проведены поисково-съёмочные работы масштаба 1 : 10 000 на площади Шерловогорского рудного поля (6,6 км^2), составлена кондиционная геологическая карта в масштабе 1 : 10000 и выделены участки для поисков скрытого оруденения. В 1965–1966 гг. ревизионные работы проводила партия № 5 ЦРЭ треста «Цветные камни». По результатам этих работ был сделан вывод о том, что Шерловогорское месторождение аквамарина не может рассматриваться как источник сырья для ювелирной промышленности. В 1966 г. Надеждинской партией ЧГУ (В. А. Гущин) шурфами и канавами вскрыто 107 грейзеновых тел, не содержавших гнёзд с аквамарином и кондиционным топазом. В 1969 г. Восточно-Сибирская партия треста «Цветные камни» (А. И. Зуев, М. П. Килессо) провела на Шерловой Горе опробование отвалов старых жил Поднебесных и Миллионной, которое не дало положительных результатов. Тем не менее, попутно было обследовано несколько подземных горных выработок, что позволило сделать следующие выводы: 1) жилы Поднебесных и Миллионная в значительной степени насыщены занорышами с аквамарином, бериллом и топазом, что фиксируется по отработанным полостям в подземных горных выработках и свидетельствует о реальной возможности находки новых жил с занорышами и кристаллов ювелирного качества; 2) прежняя разведочная сеть недостаточна для обнаружения продуктивных на ювелирное сырьё грейзеновых тел, незначительных по размерам и не выдержанных по форме.

В 1970 г. та же партия продолжила изучение Шерловой Горы. На всей площади Шерловогорского гранитного массива проведены геофизические исследования (магниторазведка и электроразведка) в масштабе 1 : 2000. Поисково-разведочные работы проводились на двух участках: Поднебесных и сопка Лукавая. По результатам этих работ А. И. Зуевым и В. П. Гавриловой в 1971 г. составлены карта сум-

марной информации поисковых признаков и прогнозная карта Шерловогорского месторождения берилла. Было выделено три категории перспективных площадей, рекомендованных для поисково-оценочных работ.

В 1971–1973 г.геохимическая съёмка Шерловогорского интрузива и вмещающей его толщи экспедицией института Геохимии СО АН СССР (Ю. П. Трошин и др.) показала, что надёжным поисковым критерием зон грейзенизации и грейзеновых тел в Шерловогорском гранитном массиве является корреляция между четырьмя элементами: вольфрамом, литием, бериллием и бором, а кварцево-топазовые грейзены могут быть обнаружены по широкому ореолу фтора во вмещающих их гранитах. За пределами Шерловой Горы в результате геохимической съёмки зафиксировано три участка грейзенизации надынтрузивной осадочной толщи. Все они пространственно тяготеют к скрытым выступам кровли Шерловогорской интрузии. Эти купола можно рассматривать как потенциальные источники грейзенов с цветными камнями.

На протяжении пяти лет (1976–1980) Шерловогорская партия экспедиции «Байкалкварцсамоцветы» проводила поисковые работы на аквамарин. Результаты этих работ изложены в отчёте Ю. И. Сычева с соавторами в 1980 г. Наибольшее количество ювелирного сырья (12 проб общим весом 167310 г) извлечено при вскрытии жилы Новой, открытой в процессе работ. Размеры кристаллов составляли от 8–10 до 130 мм в длину и 5–40 мм в поперечнике. Совместно с ними было извлечено около 70 кг коллекционного материала в виде друз, щёток и отдельных кристаллов топаза, кварца и аквамарина.

На восточном фланге жилы Поднебесных-II в пробе из трубчатого гнезда материал был представлен штуфами грейзена с аквамарином, общий вес которого составил 3,8 кг. О перспективности жилы Новой свидетельствует следующий факт: в 2007 г. местный старатель Андрей Кузнецов прошёл короткую (около 4 м) горизонтальную выработку в месте выхода тонкого пологого проводничка юго-восточного падения, как удалось выяснить автору, от жилы Новая. Эта апофиза дала ограночный материал. Особенностью апофизы было интенсивное развитие арсенопирита и присутствие добериллового топаза. Последовательность выделения минералов была аналогична выявленной в жиле Новая в 1992 г. Ю. И. Сычев показал, что для получения положительных результатов необходимо оценивать новые, не подвергавшиеся разведке жильные тела. Однако новых данных, касающихся существа грейзеновых тел, их морфологии, элементов залегания и минерального состава, в результате работ его партии получено не было. Основные результаты геолого-разведочных работ 1960–1980-х гг. таковы:

1) жила Поднебесных-I содержит разобщённые линзы друзовидных срастаний берилла, главным образом, технического сорта. Линзы прерывисты по простиранию и падению, миароловых пустот в них не встречено;

2) жила Поднебесных-II с поверхности полностью отработана до глубины 20 м. В ней встречаются друзы с аквамарином, представляющие интерес в качестве коллекционных образцов;

3) жила Миллионная выхода на поверхность не имеет;

4) участок жилы Новикова с поверхности рекомендован только в качестве объекта добычи россыпного коллекционного аквамарина. До глубины 20–30 м участок перспективен на поиски ювелирного сырья с помощью подземных выработок;

5) пример жилы Новой подтверждает возможность обнаружения ранее неизвестных жил с ювелирным сырьём на площади Шерловогорского массива. Перспективными признаны пониженные части рельефа, перекрытые наносами мощностью 4–5 м и поэтому наименее изученные;

6) проявления аквамарина по жиле Новой парагенетически связаны с морионом, топазом, вольфрамитом и висмутовыми минералами;

7) содержание кристаллов берилла (в том числе аквамарина) в отдельных валовых пробах по жиле Новой изменяется от 250 до 4450 г/м^3, составляя в среднем 869 г/м^3 на горную массу грейзена;

8) качество аквамарина (и других разновидностей берилла – *Г. Ю.)* находится в прямой зависимости от минеральных парагенезисов. Наибольший выход ювелирных кристаллов наблюдается в гнёздах, обрамлённых морионом; в гнёздах бериллово-топазового состава значительно развиты процессы растворения, наиболее заметные в крупных кристаллах аквамарина. Выход ювелирных кристаллов составляет 10,1 %;

9) из трёх контрастных геохимических ореолов бериллия, проверенных горными работами, один приходится на жилу Новую.

Тем не менее, несмотря на длительную историю изучения Шерловогорского месторождения самоцветов, не были установлены конкретные поисковые признаки грейзеновых тел с полостями, содержащими самоцветы, не выявлены закономерности локализации таких тел и гнёзд с кристаллами, оставалось неясным, какое количество ограночных камней можно получить даже из самых продуктивных объектов.

В 1991–1995 гг., основываясь на обобщении всех геологических материалов, полученных в предыдущие годы, экспедиция «Байкалкварцсамоцветы» по завершении исследований на Адун-Челоне, где её сотрудники открыли и отработали новые промышленные пегматитовые тела с топазом и ювелирным бериллом, вновь приступила к планомерной работе на Шерловой Горе. Работы до 1995 г. включительно, проводившиеся экспедицией «Байкалкварцсамоцветы» – В. Н. Даниловым (1991–1993) и Р. Г. Романовым (1993–1995) – по коренным (жила Новикова, участки Лукаво-Золотая, Поднебесных и др.) и элювиально-делювиально-техногенным образованиям на этих же участках, а также на участках копей Миллионная и Гелиодоровая, показали, что возможна добыча кондиционного сырья не только из коренных жил, но и из россыпей. Было извлечено берилла-сырца 37191 г, а топаза 5753 г. На участках Поднебесных, Миллионная и Гелиодоровая были оконтурены блоки с промышленными запасами аквамарина и гелиодора, подсчитаны и утверждены их запасы, которые современными старателями уже несанкционированно в существенной части отработаны.

В результате этих работ установлена также перспективность участков Новиковский (где были найдены крупные кондиционные кристаллы аквамарина до 12 см в длину и массой до 282 г, а также обломки кристаллов топаза до 4–5 см) и Восточно-Мелехинский, новых жил на участке Поднебесных (с ограночным топазом), а также участков Восточный и Золотой отрог.

Фактически на всех площадях старых работ при методически правильно поставленных исследованиях были получены положительные результаты. В 1993–1994 гг. Р. Г. Романовым в окрестностях жилы Новикова установлено развитие грейзенизации и найдены 12 жил субмеридионального простирания мощностью 0,1–0,3 м. В пяти из них установлена бериллово-топазовая минерализация. В пробах по этим жилам обнаружены сортовые камни.

Кроме того, обнаружилось, что на северных и северо-восточных склонах Обвинской сопки широко развита топазово-берилловая минерализация, скрытая рыхлыми отложениями. Среди них вниз по склону на протяжении 100 и более метров встречаются глыбы грейзена с щётками топаза, аквамарина и дымчатого кварца. Эта полоса имеет размеры не менее 300×100 м. В связи с трудностью поисков минерализованных зон в закрытой местности участок не изучался, хотя ещё

в 1829 г. А. И. Кулибин указывал на то, что там могут оказаться тела с кондиционным камнем. К настоящему времени местные жители, спустившись по вентиляционным ходам штаба Забайкальского фронта, отработали часть продуктивных тел этого участка, доказав справедливость указаний А. И. Кулибина.

Традиционно считалось, что топаз на Шерловой Горе не имеет ценности как ювелирный камень. Действительно, здесь развиты преимущественно бесцветные и бледно-голубые его разности. Тем не менее, по нашим данным, выход сортового топаза (ограночного и для галтовки) достаточно высок, чтобы им пренебрегать. Имеются указания на ограночный топаз и у Р. Г. Романова по участкам Поднебесных и Новиковский. Кондиционный топаз в 1993 г. не был установлен. Тем не менее, в приобретённой у одного из жителей пос. Вершина, что находится у подножия Шерловой Горы, партии кристаллов топаза общим весом 7,2 кг (размеры кристаллов варьировали от 0,5 до 1,6 см по осям *a* и *b* и от 0,8 до 3,0 см по оси *c*) автором обнаружено 600 г кристаллов, содержащих области 4×4×4–6×6×5 мм, пригодные для огранки [Юргенсон, 2001]. На участке жилы Новикова (Новиковской ямы) в 1992 г. найдены кристаллы яркого голубовато-зелёного цвета до 6 см по оси *c*, содержащие крупные области, пригодные для изготовления кабошонов и галтовки.

В 1992 г. в процессе полевых работ лаборатории минералогии и геммологии Забайкальского комплексного научно-исследовательского института с отвалов трёх траншей, пройденных экспедицией «Байкалкварцсамоцветы» по жиле Новикова в разные годы, осуществлён поверхностный сбор берилла-сырца для изучения зональности цветовых разновидностей и качества берилла. Соотношение цветовых разновидностей в сырье следующее: голубовато-зелёный – 50 %, бледно-голубой и голубой – 24,9 %, жёлто-зелёный и жёлтый – 25,1 %. Приведённые сведения вполне согласуются с тем, что Новиковская яма славилась крупными кристаллами аквамарина. Здесь находили хорошие музейные образцы. В последние годы старателями вскрыты новые гнёзда с крупными зеленовато-глубыми и голубовато-зелёными кристаллами берилла высокого качества (см. рис. 88).

В 1993 г. на участке Поднебесных на северо-восточном продолжении жильной зоны при отработке рыхлых отложений на западном склоне Обвинской сопки работники ЗАО «Аквамарин» с помощью экскаватора вскрыли в зоне выветривания продуктивную жилу, в которой было обнаружено значительное количество кристаллов аквамарина с большим выходом ограночного сырья высшего сорта. Отдельные кристаллы достигали 10 см в длину при толщине до 16 мм. В таких кристаллах совершенно бездефектные области достигают размеров 12×16×17 мм. Тогда же на участке Лукаво-Золотая местными жителями вынуто гнездо с ярко-жёлто-зелёными кристаллами берилла общей массой до 0.6 кг. Кристаллы огранены призмой и пинакоидом. Обычны сростки длиннопризматических кристаллов, нередко уплощённых по одной из осей второго порядка. Кристаллы и их фрагменты имели толщину до 2 см при длине до 12 см (см. рис. 89–90).

Рис. 88. Сросток трёх параллельных кристаллов зелёного берилла. Шерловая Гора. Копь Новикова. 55×21мм

Рис. 89. Желтовато-зелёный кристалл. Копь Новикова. 1,7×14,5 см

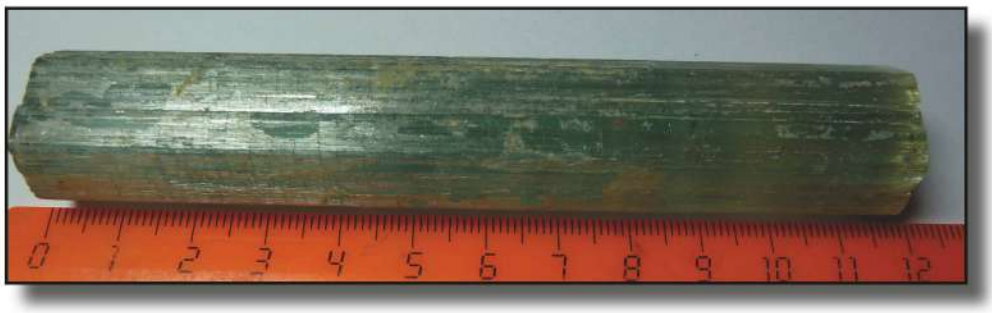


Рис. 90. Зелёный кристалл. Копь Новикова. 2,1×12 см

Бездефектные области в них достигали 6×10×15 мм. Кристаллы зональные, цвет изменяется от сине-зелёного у основания до оливкового и жёлто-зелёного.

Геологическое строение и поисковые критерии. Камнесамоцветная минерализация Шерловогорского месторождения связана со специфическими миароловыми гранитами, основные продуктивные минеральные комплексы в которых аналогичны классическим бериллоносным мусковитово-топазово-кварцевым грейзенам. Продуктивный минеральный комплекс образует как относительно протяжённые чётковидные жилы, так и миаролы с крупнокристаллическим выполнением.

Шерловогорское месторождение является единственным представителем данного промышленного типа. Оно генетически и пространственно связано с одноимённым массивом кукульбейского гранитного комплекса (поздняя юра), прорывающим вулканогенно-осадочную толщу палеозойского возраста (см. рис. 91).

Эта толща в зоне контакта превращена в роговики. Выходящий на дневную поверхность массив представляет собой апикальную часть крупного интрузивного тела, которое даёт также и пегматитовые образования Адун-Челона. Западные контакты Шерловогорского массива пологие, восточные – крутые. Граниты представлены мелко-среднезернистыми порфировыми разностями. Продуктивные участки месторождения представлены на рис. 91.

Все гранитоиды Шерловой Горы в той или иной мере грейзенизированы. Явления грейзенизации в макроскопически неизмененных породах выражаются в появлении отдельных зёрен флюорита, замещении биотита мусковитом, проникновении в полевые шпаты тонкочешуйчатой слюдки и образовании мелких зёрен касситерита, что отмечалось всеми предыдущими исследователями.

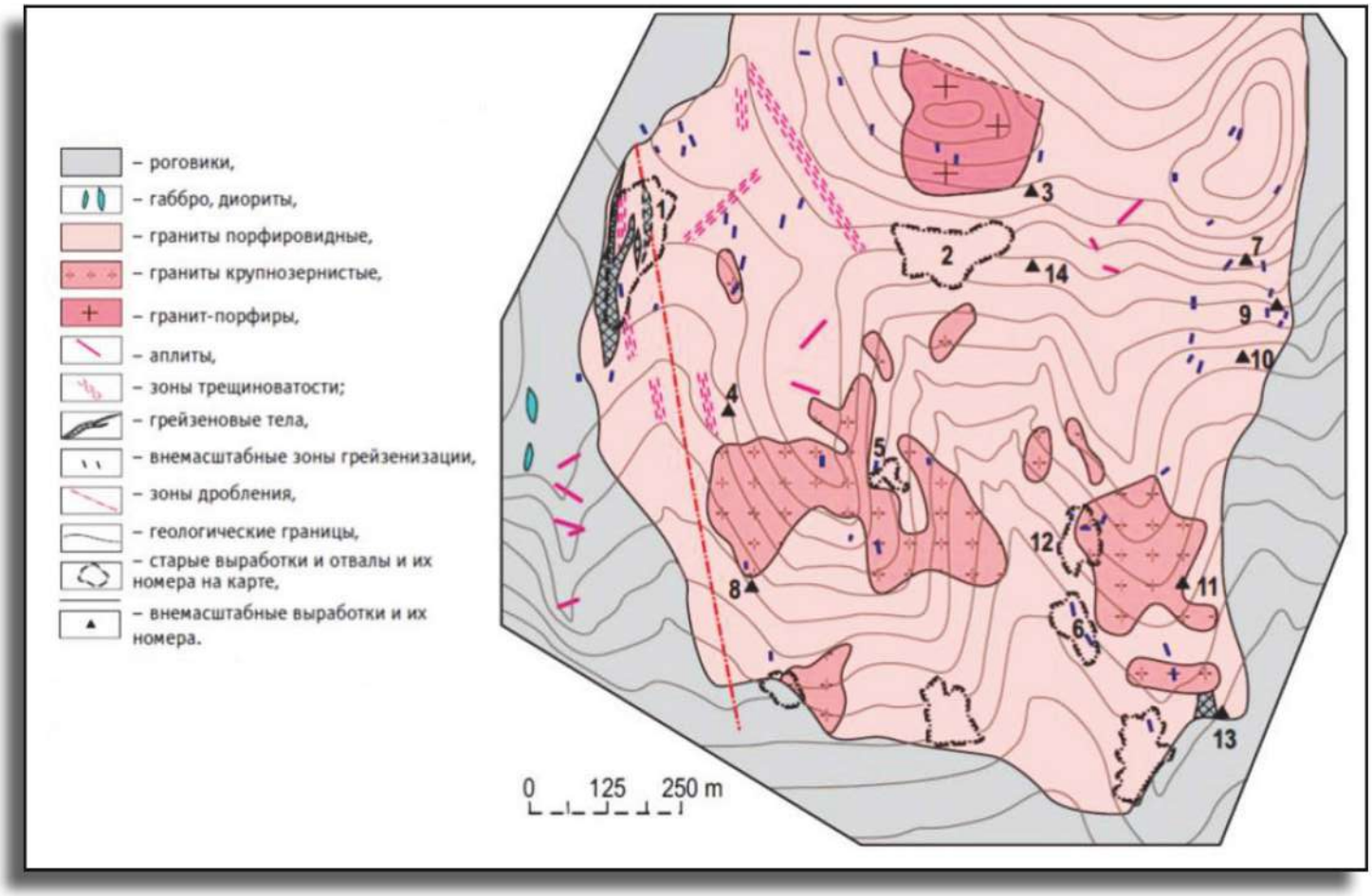


Рис. 91. Геологическая карта Шерловогорского месторождения аквамарина с указанием основных мест добычи самоцветов (составлена с использованием геологической основы В. В. Аристова и др., 1961) [по: Юргенсон, Кононов, 2014]: 1 – роговики, 2 – габбро, диориты, 3 – граниты порфировидные, 4 – граниты крупнозернистые, 5 – гранит-порфиры, 6 – аплиты, 7 – зоны трещиноватости;8 – грейзеновые тела, 9 – внемасштабные зоны грейзенизации, 10 – зоны дробления, 11 – геологические границы, 12 – старые выработки и отвалы и их номера на карте, 13 – внемасштабные выработки и и их номера. Выработки на карте: 1 – Поднебесных, 2 – Новиковская, 3 – Белотопазовая, 4 – Мелехинская-1, 5 – Мелехинская-2, 6 – Гелиодоровая, 7 – Лизкина Яма, 8 – Мелехинская, 9 – Кондратьевская, 10 – Золотой Мыс, 11 – Лукаво-Золотая, 12 – Миллионная, 13 – Золотой Отрог, 14 – жила Кузнецова

Грейзеновые образования связаны с различными системами трещин, развитыми в апикальной части массива; с гранитоидами зачастую связаны совершенно постепенными переходами. Но при детальном изучении мусковит-топаз-кварцевых грейзенов установлены четкие, часто явно секущие контакты их с морионовыми гранитами. По простиранию эти жильные мусковит-топаз-кварцевые тела изменяют структуру и переходят в полости различных величин, содержащие кристаллы кварца, топаза и берилла, иногда ювелирного качества. Среди трещин выделяются четыре группы: 1) крутопадающие (70°) трещины широтного простирания (жила Миллионная); 2) крутопадающие (50–80°), субмеридионального (жилы Поднебесных) и северо-западного (330–340°) простирания (жилы Новикова, Золотого Отрога; 3) система крутопадающих (80°) трещин меридионального простирания жилы; 4) система пологопадающих (20°) трещин северо-восточного простирания (маломощные жилы Золотого Отрога).

Наиболее интересные и крупные грейзеновые тела месторождения связаны с двумя первыми системами трещин и имеют либо северо-западное простирание и северо-восточное падение, либо широтное простирание и северное падение.

Зона Поднебесных представляет собой серию кварцевых, кварцево-топазовых и кварцево-топазово-берилловых жил. Количественные соотношения этих трёх главных минералов различны, сложенные ими зоны в пределах жил имеют вполне определённую пространственно-временную последовательность. Схема геологического строения зоны Поднебесных приведена на рис. 92.

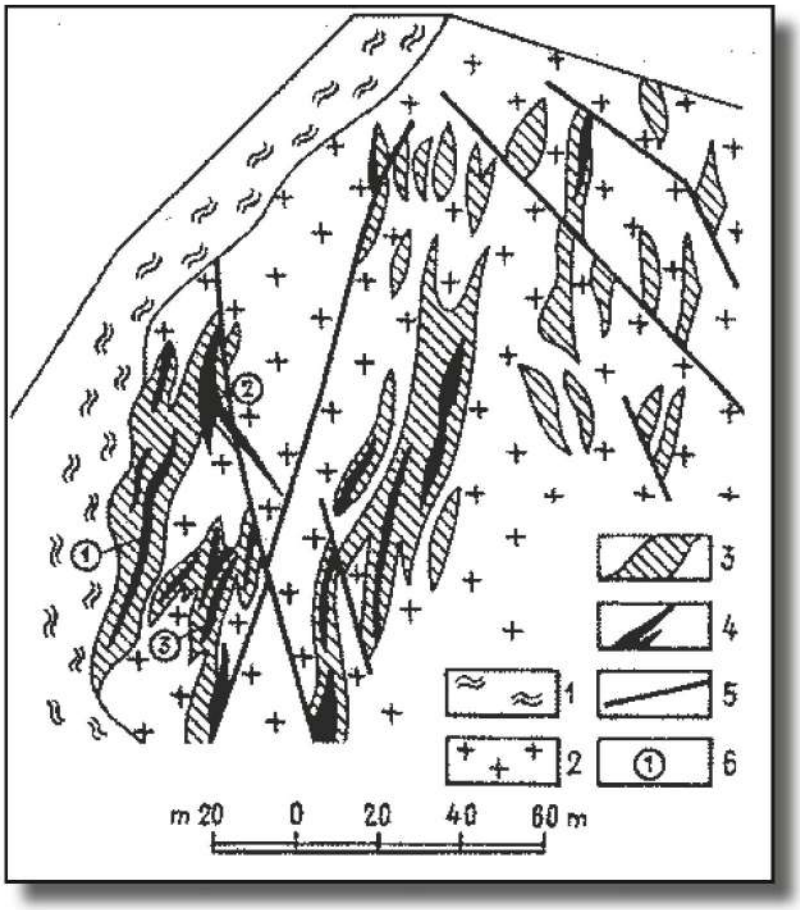


Рис. 92. Схема геологического строения зоны Поднебесных по Ю. П. Трошину (1983): 1 – роговики; 2 – граниты; 3 – кварцево-слюдистый грейзен; 4 – кварцевое и кварц-топазовое жильное выполнение; 5 – разрывные нарушения; 6 – продуктивные аквамариноносные жилы: 1 – № 1; 2 – № 2; 3 – Новая

В целом она имеет субмеридиональное простирание и в современном эрозионном срезе, и по данным буровых работ, проведённых партиями экспедиции «Байкалкварцсамоцветы», известны три продуктивные жильные зоны: жилы № 1, 2 и Новая. Жилы № 1 и 2 размещены в западной части зоны. Центральная её часть, имеющая частично тектонические контакты, располагается восточнее. Можно выделить ещё северо-восточную зону, располагающуюся в северо-восточной части зоны Поднебесных. Она имеет продолжение за пределами показанной на схеме части Шерловогорского месторождения, переходящей к подножью Обвинской Сопки. Оно было вскрыто траншеей, пройденной ЗАО «Аквамарин» под руководством Б. М. Чукалкина в 1992 г. Из вскрытой экскаватором жильной зоны было добыто около трёх килограммов бледно-голубого ювелирного аквамарина, кристаллы которого в среднем имели длину 2–7 см при размерах по оси *a* 0,5–2,5 см. Фрагмент одного из кристаллов приведён на рис. 14 (см. выше). В связи с тем, что выработка пройдена до получения предприятием лицензии на право ведения горных работ, траншея через три дня была завалена. Тем не менее, местные жители сумели выбрать большое число кондиционных кристаллов аквамарина из отвала и реализовать.

Жильные зоны имеют длину по простиранию от первых десятков до нескольких сотен метров. Форма их линзовидная. Мощность значительно варьирует, достигая 50–80 м. Они залегают в порфировидных гранитах Шерловогорского гранитного массива юрского возраста. Жильные продуктивные тела в этих зонах группируются в серии по две-три, иногда – более, или могут быть единственными. Жильные тела, как правило, зональны.

Среди грейзеновых тел Шерловогорского гранитного массива, содержащих камнесамоцветное сырьё, известны жильные тела пологого, крутого и переходного к ним падения. Достаточно часто они имеют пологое падение. Нередко, как, например в жильной зоне Новая, пологое падение имеют продуктивные на аквамарин их апофизы.

Ведущими поисковыми признаками тел, продуктивных на ювелирные берилл, топаз и горный хрусталь (по данным Ю. П. Трошина, 1983 г. и нашим наблюдениям) являются: 1) зональность грейзеновых жил; 2) преобладающее развитие кварцевых разновидностей (топазово-кварцевых и кварцевых), наиболее перспективных на аквамарин и топаз; 3) наличие жильного выполнения кварцево-топазового и кварцево-бериллиевого состава; 4) постепенные переходы от гранита к продуктивному комплексу; 5) постепенные переходы между цветовыми зонами в кристаллах берилла; 6) наличие однотонных зон шириной более 0,5 см в кристаллах; 7) комплексные геохимические ореолы Be, F, W при отсутствии тонкопрожилкового флюорита. Эти признаки указывают на относительно спокойные условия роста кристаллов в закрытых полостях. Такие кристаллы относительно устойчивы к воздействию поздних агрессивных кислых растворов и сохраняют довольно крупную блочность, определяющую их хорошие ювелирные качества. Для многих кристаллов, выросших в условиях относительной нестабильности с частой сменой окислительно-восстановительной обстановки, характерно тонко-ритмичное распределение голубой, зелёной или жёлтой окраски различной интенсивности. Такие кристаллы чаще подвержены растворению по зонам её изменения, обусловливающему их разрушение на тонкие (0,2–0,3 см) фрагменты, непригодные для огранки вследствие малых размеров.

Анализ состояния изученности месторождения показал, что наиболее перспективными на аквамарин-топазовое оруденение являются апикальные части гранитоидной интрузии, выраженные в форме куполов. В их пределах наиболее благоприятны кварцево-топазово-берилловые грейзены, окружённые ореолами

с флюоритом, содержащие кварцево-топазовые и кварцево-берилловые прожилки. Обязательно наличие комплексного геохимического ореола рассеяния бериллия и вольфрама. Благоприятны сопряжённые крутопадающие (50–80°) трещины широтного и северо-западного (330–340°) простирания; наиболее предпочтительны трещины северо-западного или субмеридионального простирания и северо-восточного падения, либо субширотного простирания и северного падения. Перспективны на обнаружение миарол с ювелирным или коллекционным сырьём зоны сопряжения жил и пологопадающих апофиз.

Наиболее крупные кристаллы развиты в мощных жилах (Новиковская, Поднебесных, Мелехинская), где возможно формирование крупных полостей. Наибольший выход ювелирных кристаллов берилла может быть из бестопазовых друз, в которых аквамарин ассоциирует с морионом и дымчатым кварцем. Продуктивные жильные тела достигают десятков метров по простиранию при мощности от первых сантиметров до 5,0 м, но наиболее часто жилы имеют мощность 0,15–1,0 м, преимущественно распространены жилы протяжённостью 10–15 м; на глубину они быстро выклиниваются. По данным А. И. Кулагашева и соавторов (1969), пространственное положение и морфология жильных и жилообразных тел определяются преимущественно эндокинетическими контракционными трещинами и обусловлены ходом эволюции массива и порожденных им остаточных расплавов [Юргенсон, 1996].

Наибольшая аквамариноносность рыхлых отложений должна быть в распадках, разделяющих и рассекающих крупные тела грейзенов. Об этом однозначно свидетельствует опыт отработки касситеритово-вольфрамитовой россыпи по падям Рудничная и Лукаво-Золотая в прежние годы.

По минеральному составу Ю. И. Сычевым и др. (1980) выделяется четыре типа грейзенов: 1) кварцево-слюдистые, связанные с гранитами постепенными переходами; 2) существенно кварцевые (кавернозные) грейзены как результат полного выщелачивания полевых шпатов и слюды (миароловые граниты – *Г. Ю.)*; 3) существенно топазовые и кварцево-топазовые, являющиеся, по традиционным представлениям, результатом полного выщелачивания всех или почти всех компонентов и привноса фтора (миароловые кварцево-топазовые или существенно топазовые зоны первично магматогенных тел – *Г. Ю.)*; 4) слюдяные (сидерофиллитовые) с кварцем.

Зональность продуктивных жил и грейзенов. В целом все разности грейзенов соответствуют описанным А. А. Беусом [1960].

Известна зональность грейзеновых тел трёх видов (см. табл. 15).

Таблица 15

Виды зональности грейзеновых тел (по Ю. И. Сычеву и др., 1980)

Вид зональности	*Зона*				*Жильное выполнение*
I	Кварцево-мусковитовая	Топазово-мусковитово-кварцевая	Топазово-кварцевая (берилл)	Кварцевая	Берилл (аквамарин), вольфрамит, флюорит
II	Кварцево-мусковитовая	Топазово-мусковитово-кварцевая	Топазово-кварцевая (турмалин, флюорит)	Топазовая	Топаз, кварц с топазом; берилл с топазом
III	Кварцево-сидерофиллитовая	Топазово-кварцево-сидеро-филлитовая	Сидерофиллитовая		Берилл (гелиодор); топаз с бериллом; флюорит

Зональность жил проявлена в последовательности образования главных минералов. В жилах зоны Поднебесных в морионовом гранит-порфире находится секущая его зона грейзена, в которой последовательность от контакта к осевой части следующая (см. рис. 93): 1) морионовый гранит-порфир, 2) слюдисто-кварцевый грейзен, 3) топазово-кварцевый грейзен, 4) зона кварца, 5) зона топаза, 6) гнездо с бериллом, топазом и кристаллами кварца в глине. Всё это жильное образование сечётся жилой скородита, заместившего сульфидную жилу в процессе гипергенеза.

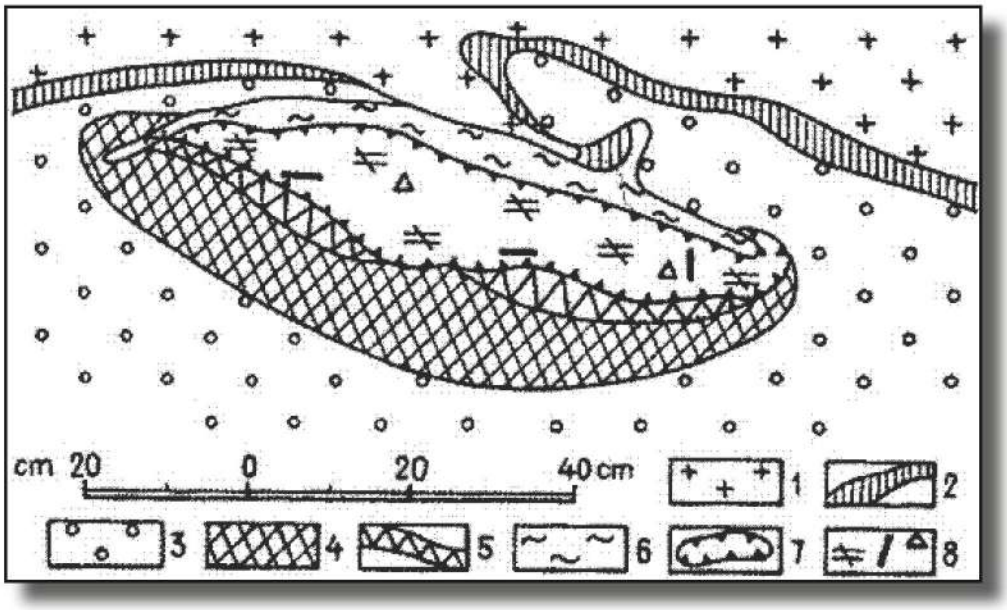


Рис. 93. Схема строения аквамариноносной полости одной из копей зоны Поднебесных. Зарисовка траншеи по В. М. Смертенко, 1977 г.: 1 – порфировый морионовый гранит; 2 – грейзены: 2 – слюдисто-кварцевый; 3 – топазово-кварцевый; 4 – кварцевый; 5 – топаз друзовидный; 6 – землистый скородит, заместивший арсенопирит, наложенный и рассекший грейзены и топазовую зону; 7– контур минерализованной полости; 8 – глинистая масса с кварцем, аквамарином, топазом

А. А. Беус [1960] даёт следующую последовательность зон в продуктивной жиле участка Поднебесных (см. рис. 94):На рис. 95 представлен фрагмент одной из жил зоны Поднебесных с жильным выполнением длиной 14 м. Здесь выдержанная по простиранию зональность проявлена довольно чётко. Грейзенизированный морионовый гранит-порфир чётко сменяется кварц-мусковитовым грейзеном. При этом в приконтактовой части продуктивной зоны всегда возрастает количество кристаллов мориона, погружённых в сидерофиллит или мусковит, развитый на контакте грейзенизированного гранит-порфира и собственно зоны грейзена.

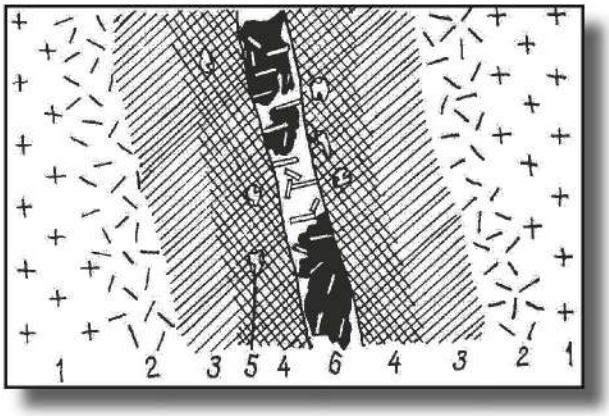


Рис. 94. Строение одного из фрагментов жилы Поднебесных [по: Беус, 1960]:
1 – грейзенизированный гранит,
2 – грейзенизированный гранит-порфир,
3 – кварц-топаз-мусковитовый грейзен, 4 – топазовый грейзен, 5 – кристаллы берилла в миаролах, 6 – кварц-арсенопирит-берилловое жильное выполнение

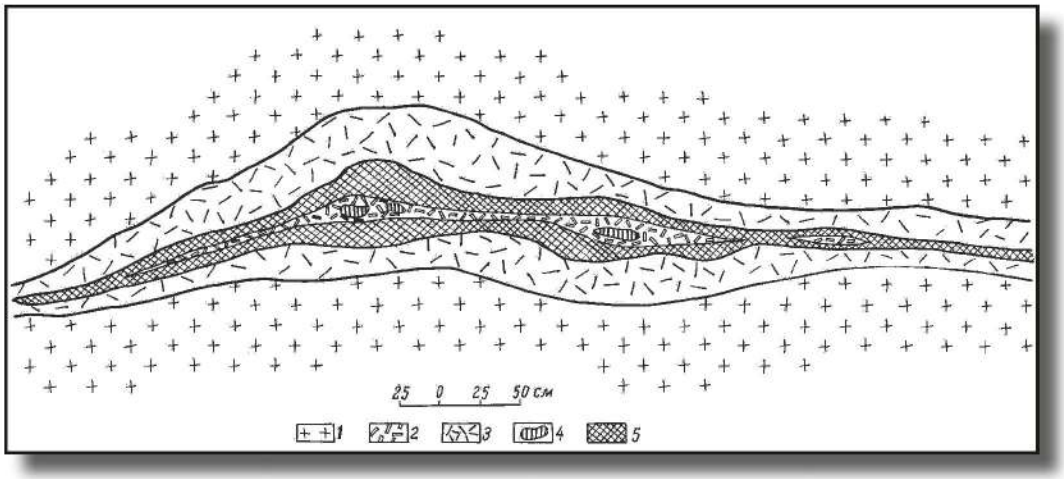


Рис. 95. Схема строения грейзенового тела с кварц-берилловым жильным выполнением. Зона Поднебесных [по: Беус, 1960]: 1 – слабогрейзенизированный гранит-порфир; 2 – мусковит-кварцевый грейзен; 3 – кварц-топазовый, топазовый или кварцевый грейзен; 4 – кварц-берилловое жильное выполнение; 5 – кристаллы берилла в полостях

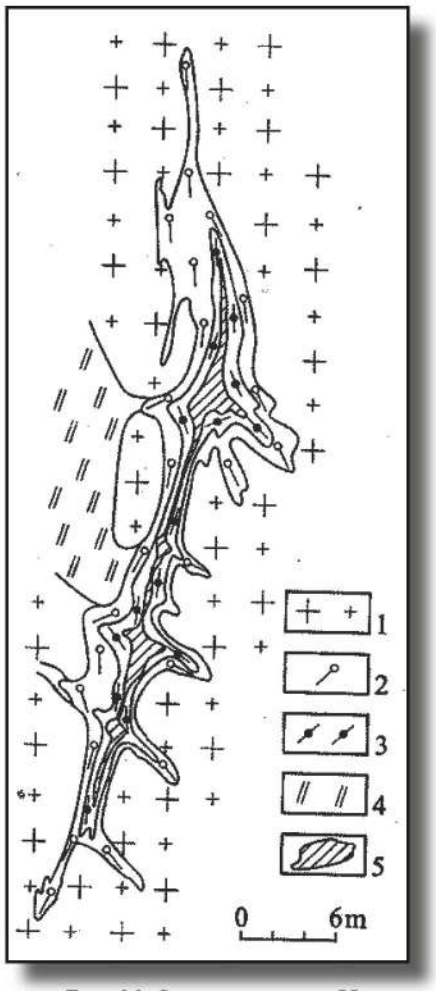


Рис. 96. Строение жилы Новая (по Ю. И. Сычеву, 1981): 1 – порфировидный гранит , 2–4: грейзен: 2 – кварцевый, 3 – топазово-кварцевый, 4 – слюдисто-кварцевый, 5 – топазо-берилло-кварцевый агрегат жильного выполнения с минерализованными полостями

Несколько дальше от контакта (10–30 см) в грейзене возрастает количество топаза, и он становится кварцево-топазовым или топазовым грейзеном. Иногда грейзен представлен почти чёрным дымчатым жильным кварцем, содержащим ранний молибденит. При этом топаз везде послемориоповый. Но выделение его второй и последующих генераций начинается до окончания роста кристаллов дымчатого кварца или мориона. Это хорошо фиксируется тем, что последние, приграничные, зоны роста кристаллов кварца обрастают основания или грани призмы топаза или находятся с ними в сростках с индукционными гранями. Затем следует собственно продуктивная часть жилы, названная А. А. Беусом [1960] кварцево-берилловым жильным выполнением, в котором присутствуют полости, стенки которых покрыты щётками дымчатого кварца, берилла, нередко прозрачного, с чистой воды ювелирными кристаллами аквамарина, топазом, поздними сульфидами и продуктами их гипергенных изменений.

Находящаяся в зоне Поднебесных жила Новая имеет строение и параметры размеров, указанных на рис. 96.

Детальное строение в раздуве жилы дано на рис. 97.

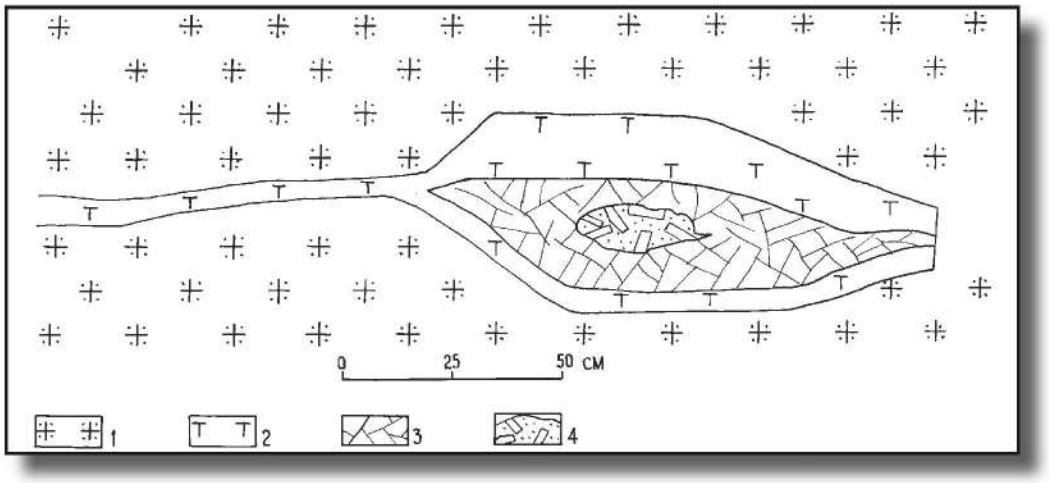


Рис. 97. Схема строения жилы Новая в раздуве на северо-восточном фланге:
1 – слабогрейзенизированный порфировидный гранит; 2 – топазовый грейзен; 3 – жильный материал, существенно берилловый агрегат с топазом и кварцем; 4 – гнездо с кристаллами берилла

Строение жилы Миллионная изучалось П. П. Сущинским [1925] в процессе её разработки, а также А. К. Болдыревым и А. Я. Луи [1929]. Жильная зона её, имеющая резкие контакты с вмещающим морионовым гранит-порфиром, состоит из 1) внешней зоны кварцево-слюдистого грейзена, в котором слюда представлена сидерофиллитом; 2) зоны дымчатого крупнокристаллического кварца; 3) рудной зоны, содержащей ферберит, висмутин, базобисмутит, берилл, дымчатый кварц, топаз; 4) внутренней друзоватой зоны кварц-бериллового состава, содержащей ювелирные разности берилла и кварца.

Пример строения одной из жил аквамариново-топазового состава приведён в отчёте М. М. Тетяева за 1918 г. Его интересовала прежде всего вольфрамоносность Шерловогорского массива. Поэтому на рис. 98 используется понятие «рудная зона». Здесь также чётко выделяется локализованная в слабогрейзенизированном граните зона кварцево-топазового грейзена (кварцево-топазовая порода по Тетяеву), который согласно нашим наблюдениям на Карамышевском отроге при переходе к так называемой рудной зоне содержит темно-дымчатый кварц в срастках ферберитом, висмутином, бериллом.

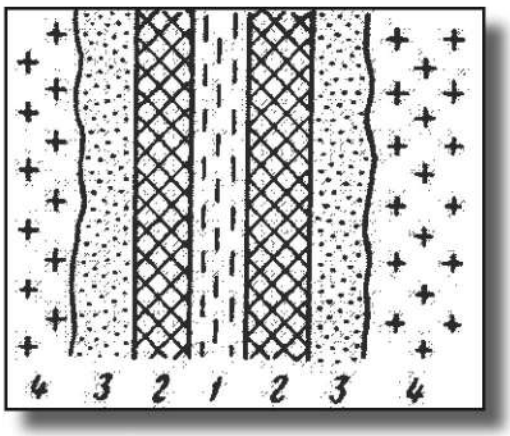


Рис. 98. Схема строения аквамарин-топазовой жилы Карамышевского отрога (по М. М. Тетяеву, 1918): 1 – аквамариново-топазовая порода; 2 – рудные зоны; 3 – кварцево-топазовая порода; 4 – гранит. В подписи сохранены названия М. М. Тетяева

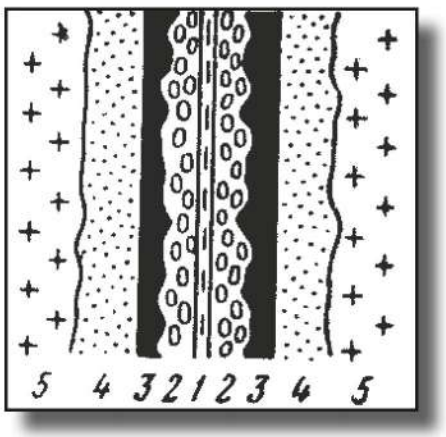


Рис. 99. Схема строения кварцево-топазовой жилы в Лукиной яме (по М. М. Тетяеву, 1918)

При этом субстратом для кристаллов ферберита служит кварц-топазовый агрегат. Берилл, как правило, наложен на ферберит и висмутин, а вслед за бериллом следует кварц, являющийся, в свою очередь, основанием для последующей генерации берилла, кварца и топаза, слагающих внутреннюю часть всей жилы, названной Тетяевым аквамариново-топазовой породой.

Для жилы из Лукиной ямы (см. рис. 99), существенно топазовой, по данным М. М. Тетяева (1918), внешняя зона сложена грейзенизированным гранитом (5), затем следует зона кварц-топазового грейзена (4), сменяющаяся так называемой «рудной зоной» (3), содержащей ферберит, висмутин, кварц с интенсивно проявленными гидроксидами марганца и железа. Затем следует «топазовая порода» (2), в которой присутствует лишь незначительная примесь берилла. Осевая часть жилы (1) представлена «смешанной с топазами породой». Для неё М. М. Тетяев также не указывает берилл, хотя, вероятно, в незначительном количестве он там есть.

Принципиальных различий в приведённых примерах строения жил не обнаружено. Наблюдаются лишь некие вариации в содержаниях топаза и берилла в собственно топазовых и собственно берилловых зонах. В отличие от жил других участков здесь не обнаружено постберилловых топазов. Тем не менее, присутствующие в небольших количествах в зоне топаза мелкие кристаллы берилла всегда дотопазовые и докварцевые, а кварц в жильных частях зон всегда постберилловый. Исключение составляют участки, где проявлено неоднократное чередование берилл – кварц – топаз.

Минеральный состав грейзенов приведён в табл. 16.

Таблица 16

Минеральный состав грейзенов (по Ю. И. Сычеву и др., 1980 с изм. [Юргенсон, 2001])

Разновидность грейзена	*Содержание минералов, %*			
	кварц	*топаз*	*мусковит*	*сидерофиллит*
Кварцево-мусковитовый	20–50	До 5	50–80	Не обнаружено
Мусковитово-кварцевый	55–75	До 5	20–45	То же
Кварцевый	80–90	5–10	5–10	»
Топазово-мусковитово-кварцевый	50–70	10–25	20–30	»
Мусковитово-топазово-кварцевый	55–70	20–30	10–15	»
Топазово-кварцевый	50–70	25–45	До 5	»
Сидерофиллитово-кварцевый с мусковитом и топазом	45–60	5–15	5–20	10–40

Анализ данных, приведённых в табл. 16, свидетельствует об отсутствии в грейзенах полевого шпата. Среди второстепенных минералов грейзенов приводятся флюорит, железистый карбонат и турмалин. К акцессорным отнесены вольфрамит, сульфиды (арсенопирит, пирит, халькопирит, молибденит, сфалерит и др.), касситерит, бисмутит, висмутин, самородный висмут, монацит.

Все эти минералы присутствуют и в жилах. Жильные выполнения представлены жилами и прожилками с раздувами и пережимами, а также линзообразными, гнездообразными, желвакообразными обособлениями. Размеры отдельных непрерывных жил имеют 10–12 м в длину при средней мощности 0,1–0,2 м, в пережимах – 0,03–0,05 м, в раздувах 0,6–0,7 м. Зоны прерывистых жил достигают 30–35 м, редко – более.

А. К. Болдыревым отмечено, что подобные жилы наиболее типичны для Миллионной копи. Он установил также, что ферберитово-бериллово-топазово-кварцевые образования имеют форму «чётково-жильную» с местными раздувами, пережимами и апофизами или «...неправильно-жильно-столбообразную (или трубо-

образную) с теми же усложнениями. Форма залегания грейзена, облекающего бериллово-топазово-хрустальные жилы, в общем, вероятно, повторяет очертания последних, превосходя их по мощности» [Болдырев, Луи, 1929]. За последующие годы изучения Шерловой Горы эта принципиальная схема строения жил не претерпела существенных изменений.

Мощность жильных образований варьирует от первых сантиметров до 2,5 м.

Минералогия жил и вмещающих пород. Среди большого многообразия жил Шерловой Горы с цветными камнями можно, следуя П. П. Сущинскому, А. К. Болдыреву, А. А. Беусу, Ю. И. Сычеву, А. И. Зуеву и другим, выделить три их типа: 1) кварцево-берилловые, 2) кварцево-топазовые, 3) переходные между ними.

Среди парагенезисов жильного выполнения выделяются две группы: жилы с бериллом и жилы без него. К первой группе относятся берилловые, кварцево-берилловые и топазово-берилловые; ко второй – топазовые, топазово-кварцевые и кварцевые жилы. По распространённости грейзеновые тела выстраиваются в следующий ряд: кварцево-мусковитовые; кварцево-топазово-мусковитовые; кварцево-топазовые. Нетрудно заметить, что эта последовательность соответствует типичной зональности грейзенов околожильных тел. Отсюда должна вытекать главная особенность грейзеново-жильных тел с ювелирными камнями: чем полнее проявлена зональность и ярче выражены внутренние их зоны, тем больше вероятность наличия ювелирных камней. Обязательной является топаз- (или флюорит-) содержащая зона для тел с ювелирными бериллами. Эта особенность важна и для кварцево-сидерофиллитовых тел, где топаз чаще заменяется флюоритом. В принципе – без минералов фтора нет берилла, но без берилла топаз может быть.

Полости в жилах обычно заполнены глинистыми минералами с флюоритом и гидроокислами железа и марганца, в которых заключены фрагменты кристаллов кварца, берилла (аквамарин, гелиодор) и топаза.

Среди кварцево-берилловых выделяются кварцево-аквамариновые (частью с топазом) с ранним комплексом рудных минералов (ферберит и минералы висмута) и с поздним, существенно арсенопиритовым минеральным комплексом (копь Поднебесных, частью жила Новая, Золотой Мыс, жила Кузнецова и др.). Особой, крайней, разновидностью кварцево-берилловых жил являются кварцево-гелиодоровые с сидерофиллитом (частью копь Миллионная, копь Гелиодоровая, частью Мелехинская).

Среди кварцево-берилловых и кварцево-топазовых по характеру кварца выделяются жилы с тёмноцветными кварцами (дымчатый кварц, морион, цитрин, розово-дымчатый кварц). Известна лишь одна находка аметрина в жиле Кузнецова.

А. К. Болдырев, изучавший Шерловую Гору на предмет промышленных скоплений ферберита, бисмутита, касситерита и берилла и открывший в 1928–1929 гг. совместно с Я. А. Луи промышленные россыпи этих минералов, привёл принципиальный разрез через мощную кварцево-берилловую жилу с цветными камнями, ферберитом и минералами висмута [Болдырев, Луи, 1929]. Затем эта схема была использована А. А. Беусом [1960] и В. Ф. Барабановым [1975] для объяснения предложенного им механизма метасоматической природы образования жильных тел Шерловой Горы.

А. К. Болдырев, вслед за П. П. Сущинским, даёт следующее принципиальное описание наиболее типичных жил, где развит ферберит.

Он отмечает, что зальбанды состоят из грейзена, затем следует полоса дымчатого кварца, которая прослеживается не на всём протяжении жил, почти исчезает, в ряде случаев переходя в друзовый кварц. Далее следует зона, обогащённая ферберитом, базобисмутитом (либо его псевдоморфозами по висмутину). В ней находятся и цветные камни, представленные разновидностями берилла и редко топа-

зом. Эта зона может располагаться симметрично зальбандам или только в висячем боку жилы. Осевая, срединная, часть жилы сложена существенно берилловой породой, в которой присутствуют крупные, чаще всего непрозрачные кристаллы зеленовато-голубого берилла.

Описанная выше последовательность зон в жилах может осложняться относительным возрастным положением ферберита и базобисмутита относительно берилла. В частности, А. К. Болдырев упоминает о вкрапленности ферберита и базобисмутита в берилловом грейзене на южном склоне горы Лукавой, где их кристаллы образуют в нем гнезда. В Лизкиной Яме (южный склон горы Лукавой, см. рис. 91, 7) ферберит нарастает на топазовую породу, а в Новиковой Яме широко развиты постберилловые висмутин, сфалерит и халькопирит. Иногда здесь отмечается и поздний ферберит, ассоциирующий с почками оксидов марганца. При этом висмутин характерен и для постбериллового молочно-белого кварца Миллионной копи, а также участка Поднебесных.

П. П. Сущинский приводит интересные подробности размещения аквамарина в жилообразном теле, вскрытом так называемой Куцаньей (Кусанинской) или Миллионной Ямой [Сущинский, 1925]. Аквамарин здесь добывался либо из друз с дымчатым кварцем («раухтопазом» по П. П. Сущинскому), там, где в жиле развиты раздувы на перегибах, либо из «гнёзд», местонахождение которых П. П. Сущинский определял по полушаровидным углублениям в стенках выработки, которые достигали до 1 м в поперечнике. В таких гнёздах аквамарины находились в беловатой с розовым оттенком «мякоти», которая легко разламывается пальцами. Мякоть состоит из монтмориллонита, иллита, флюорита, тонкого кварцевого материала. Изредка обнаруживаются тонкие жилки с арсенопиритом. Простирание их, как на участке Поднебесных и на Золотом мысе, – северо-восточное. Аквамарин этой ямы преимущественно светло-голубой. Нами в глыбах из отвалов наблюдались голубые и зеленовато-жёлтые кристаллы берилла. Особенностью копи является то, что она заложена в коричневатых, почти бесполевошпатовых, существенно слюдисто-кварцевых гранитах. Берилл в этой зоне преимущественно зеленоватых тонов. Нередко в жиле Миллионная в ассоциации с тёмно-дымчатым кварцем и сидерофиллитом встречаются тёмно-зелёные призматические кристаллы берилла, содержащие вростки слюды и от этого становящиеся полупрозрачными. При сильном освещении они тёмно-изумрудно-зелёные.

В жиле Новая нами изучен участок раздува мощностью до 45 см, имеющий симметрично-зональное строение, представленное на рис. 96. Здесь в интенсивно лимонитизированных, слабо грейзенизированных порфировидных гранитах, состоящих из аргиллизированного полевого шпата (до 70 %), кварца (до 28–30 %) и гидратированного биотита (до 2 %), жила имеет резкие контакты. На контакте граниты интенсивно грейзенизированы с образованием в них сидерофиллита и топаза. Приконтактовые части жилы представляют собой топазовый грейзен, содержащий морионовый кварц и сидерофиллит, частью – литиевую слюду, близкую к циннвальдиту. Мощность этой зоны в лежачем боку – 5 см, в висячем – 15 см. Собственно жильный материал представляет собой существенно берилловый агрегат, содержащий также поздние топаз и кварц. Мощность этого агрегата достигает 25 см. В нём в осевой части находится гнездо, содержащее жёлто-зелёные кристаллы берилла до 8 см по оси *c*. У основания кристаллы находятся в тесном срастании друг с другом. Некоторые индивиды имеют голубовато-зелёную окраску, неоднородны. В средней части строение кристаллов более однородно, окраска зелёная, желтовато-зелёная. Появляется концентрическая зональность. Внешние зоны шириною до 2–3 мм зелёные и жёлто-зелёные, обохренные. К концу роста усиливается жёлтая составляющая окраски. В отдельных случаях наблюдаются взаимопрорастания с мелкими жёлтыми кристаллами гелиодора и топаза (обр.

17/504 ШГ). Постоянным компонентом жил является кварц. Сказанное свидетельствует о возрастании доли трёхвалентного железа к концу роста кристаллов берилла, а взаимопрорастания свидетельствуют о неустойчивости системы, в которой периодически изменяется соотношение двух- и трёхвалентного железа, обеспечивающего голубую или жёлтую окраску.

Типичный пример последовательности минералообразования в кварц-берилловых жилах участка Поднебесных приведён у А. А. Беуса [1960] и дан на рис. 94–95. Видно, что кристаллы берилла сосредоточены в раздувах жилы и находятся в мусковитово-кварцевом грейзене. В таких жилах развиты обычно светлоокрашенные кристаллы. Собственно берилловая осевая часть представляет собой крупнокристаллический друзовый агрегат, преимущественно голубого берилла. Кристаллы зональны. Внутренняя зона – берилл II типа, реже – III, голубой до зеленовато-голубого, значительная часть – бесцветная или неопределённой окраски. Часть кристаллов по Ne – бледно-голубая, по No густо-голубовато-зелёная. Другая часть по Ne – бледно-голубая, по No – голубовато-зелёная. Эти кристаллы окружены мелкокристаллическим агрегатом берилла и светло-дымчатого кварца. Бериллы почти бесцветны. Наряду с поздним кварцем развит топаз в мелких полостях, величина индивидов – 1–3 мм, частью хорошо ограничен. Преимущественно развиты длинностолбчатые кристаллы, нередко уплощенные по *в*. В ассоциации с агрегатом берилла находится кварцево-хлоритовый агрегат ячеистого сложения. Цвет этого слоистого силиката варьирует от жемчужно-белого, кремового до жёлто(серпентиново-)-зелёного. Последовательность образования минералов следующая: берилл – кварц – топаз – гидрослюда – гидроокислы железа и марганца. В кварцево-хлоритовом агрегате находятся тонкополосчатые индивиды тёмно-зелёного турмалина. Описанный агрегат развивается как на раннем берилле, так и на раннем кварце. На последнем – уплощённые кристаллы бесцветного берилла.

При беглом поверхностном осмотре в грейзене обнаруживаются полости, кажущиеся пустотами выщелачивания полевых шпатов. Но при наблюдении под бинокуляром на стенках фиксируются мелкокристаллические щётки и микродрузы кристаллов кварца, топаза, изредка берилла, флюорита и слоистых силикатов. Слоистые силикаты представлены сидерофиллитом, нередко зональным. На сидерофиллите с сиреневатым отливом развита железистая гидрослюда с Nm = = 1,640, содержащая звёздчатые включения рутила. На железистую гидрослюду нарастает листоватый иллит с Nm, близким к 1,599 и $2V_{Np}$, равным примерно 20–30°. Выделяются две генерации иллита. Ранний аналогичен листоватому с Nm = = 1,599, а поздний – мелкочешуйчатый, имеет Nm = 1,571. В полостях в грейзенах и в корках, нарастающих на описанные выше друзовые агрегаты, развиты тонкочешуйчатый белый монтмориллонит, облекающий кристаллы всех ранее выделившихся минералов, образующий мягкие агрегаты, распадающиеся на мелкие чешуйки с Nm = 1,512.

Несколько отличное строение имеет одна из жил в районе копи Поднебесных. Простирание жилы 260°. Она залегает среди грейзенизированных гранитов. Мощность её около 20 см. Жила состоит из агрегата кристаллов почти бесцветного топаза, интерстиции между которыми заполнены гидрослюдистой массой. По простиранию существенно топазовый агрегат периодически сменяется бериллово-топазовым. Постоянным компонентом всех жил является кварц различных генераций. Положение его в жиле различно.

Другой тип строения жил на участке Поднебесных отличается тем, что на кварцево-топазовые или кварцево-берилловые друзовые агрегаты накладывается поздняя существенно арсенопиритовая минерализация. Типичный схематический разрез такой жилы дан на рис. 93.

Арсенопирит, иногда в ассоциации с галенитом, сфалеритом, козалитом, образующими несущественные примеси, заполняет полости в междрузовом пространстве, в щелях между кристаллами, облекая их. На контактах массивных агрегатов арсенопирита и берилла, арсенопирита и топаза развиты тонкие плёнки и натечные почковидные корки светло-голубого до серо-зелёного скородита. Скородит полупрозрачен, растворяется в соляной и азотной кислотах. Другая разность скородита образует полные псевдоморфозы серо-зеленовато-голубого тонкозернистого сложения по арсенопириту (см. рис. 100).

Рис. 100. Полная псевдоморфоза тонкозернистого скородита по арсенопириту. Зона Поднебесных

Кроме того, скородит замещает арсенопирит, образуя системы тончайших извилистых прожилков (см. рис. 101). Топаз и светло-голубой либо светло-зеленовато-голубой аквамарин, заключенные в скородите (см. рис. 102), разбиты по трещинам спайности (топаз), либо отдельности (аквамарин, см. рис. 103). Поэтому участки, где развита наложенная арсенопиритовая минерализация, содержат камни невысокого качества.

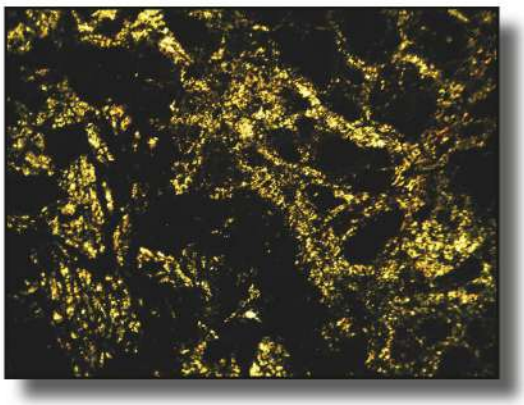


Рис. 101. Петельчатая текстура скородита, образованная тонкими его прожилками и пленками в арсенопирите. Прозрачный шлиф. Увеличено в 25^{x}. Зона Поднебесных

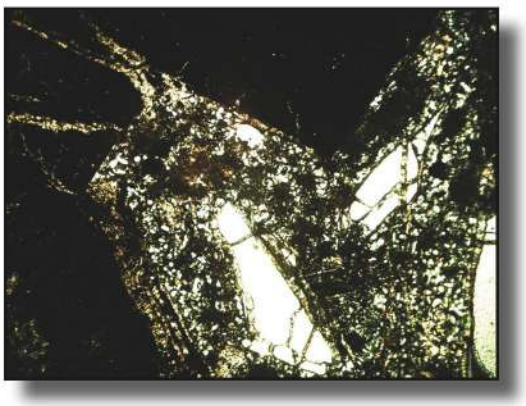


Рис. 102. Обломки берилла (белое) в скородите (серо-коричневое и жёлтое) и арсенопирите (чёрное). Прозрачный шлиф. Увеличено в 25^{x}

Рис. 103. Расколотый кристалл аквамарина, с окисленным арсенопиритом по трещинам. Уменьшено в 2 раза. Фото Р. А. Филенко

Арсенопирит и образованный по нему скородит слагают наложенные жилы северо-восточного простирания, как это видно из плана выработки № 15 «Разведка Н. Ф. Поднебесных», приведённого в работе П. П. Сущинского [1925]. Особенностью таких жил является широкое развитие в свалах натёков и гнёзд скородита. В ореолах подобных жил со стороны лежачего бока на расстоянии 1 м от контакта жилы содержание мышьяка составляет 0,1 %, со стороны висячего бока – 0,3 %, в жиле содержание мышьяка более 1 %, тогда как в жилах, где наложенный арсенопиритовый комплекс слабо развит либо визуально не обнаруживается, в самом жильном материале содержится 0,15–0,5 %, а на расстоянии 1 м – до 0,03 % мышьяка. Геохимические особенности таких жил заключаются в высоком среднем содержании свинца (500–2675 г/т), серебра (1,3–10 г/т), меди (138–200 г/т), сурьмы (12–16 г/т), золота (0,01–0,15 г/т). При этом золото, серебро и халькофильные элементы пространственно разобщены с мышьяком: если мышьяк концентрируется в основном в самой жиле, то указанные элементы рассеиваются в околожильном пространстве. Эти геохимичсеские особенности обусловлены присутствием сфалерита, галенита, халькопирита, висмутина, рузвельтита (см. рис. 104).

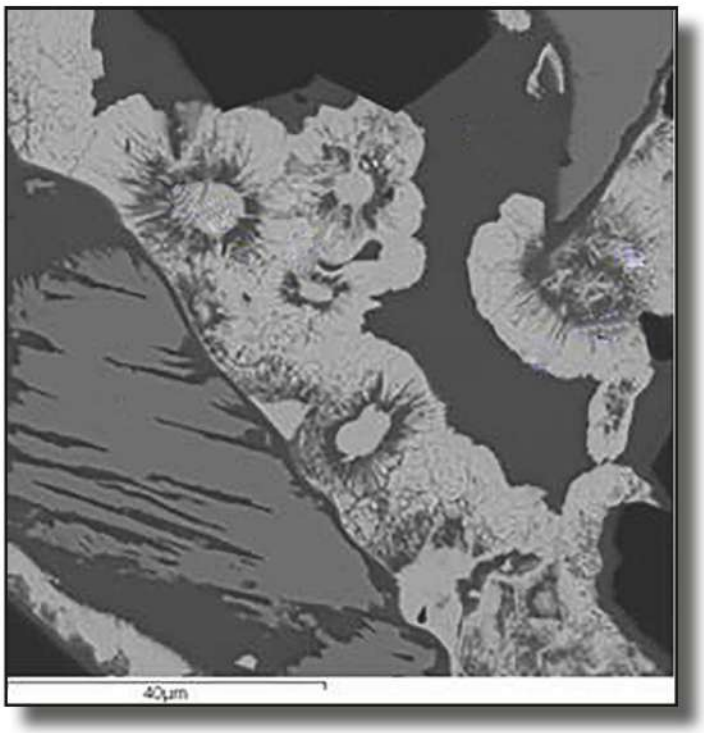


Рис. 104. Тонкозернистый агрегат галенита, сфалерита, кварца, скородита, рузвельтита ($BiAsO_4$), наложенный на продуктивный комплекс берилл-топаз-кварцевого состава. Карьер ниже копи Новикова. Шерловая Гора. Электронно-микроскопический снимок

Топазово-бериллово-кварцевые жилы с цветными разновидностями кварца и жёлто-зелёными и зелёными разновидностями берилла развиты преимущественно на восточном фланге грейзенового поля, ближе к Шерловогорскому олово-полиметаллическому месторождению и распространены на переходе от сопки Обвинской к сопке Лукавой и восточнее. Особенностью этих жил является специфическое строение топазово-кварцевых грейзенов и присутствие наложенного кварцево-турмалинового комплекса, отголоски которого фиксируются и в копях Миллионной, Новикова, Гелиодоровой. Зеленовато-жёлтые гелиодоры и желтова-

то-зелёные бериллы чистой воды, нередко до 7см по оси *c* и 3 см по осям *a*, в 2011 г. добывали в старых расчищенных и продолженных выработках на Мелехинской. Отдельные фрагменты некондиционных кристаллов берилла зелёного цвета достигают 11 см по оси *c* и до 8–9 см по осям *a*. Удлинённые кристаллы светло-зеленовато-жёлтого цвета чистой воды находились здесь в белой затвердевшей глине (см. рис. 105).

Рис. 105. Прозрачный кристалл берилла в кварц-каолинитовом материале. Шерловая Гора. Сопка Мелехинская. 3×3×5 см

На юго-восточном склоне сопки Обвинской находится так называемая Белотопазовая яма. Особенность её заключается в том, что здесь добывались не только аквамарины, но и крупные кристаллы топазов. П. П. Сущинский сообщает, что именно здесь им добыто несколько щёток с крупными кристаллами бесцветного, иногда слабоголубоватого топаза. Кристаллы имели до 5 см по осям *a* и *b* и до 6–7 см по *c*. Аквамарин здесь преимущественно зеленоватый, иногда с голубым оттенком. Кристаллы крупные, но среди них редко бывают лишенные дефектов. Как указывает П. П. Сущинский, «...большинство кристаллов как бы сплюснуто по одной из боковых осей (по оси *a*, – *Ю. Г.)* и сплошь и рядом не дает развития всех шести граней призмы... , а лишь четырёх, так что в поперечном сечении кристаллы имеют правильно выраженные ромбоидальные очертания» [Сущинский, 1925, с. 39]. Действительно, эта особенность отличает берилл Белотопазовой, но нельзя сказать, что все кристаллы таковы. Другая особенность берилла заключается в том, что часть кристаллов его представляет собой сростки по призме, и поэтому кажется, что на них присутствуют борозды растворения (так они и описаны П. П. Сущинским).

Третья особенность заключается в том, что обычны тесные срастания берилла и кварца. Последний образует здесь прозрачные коричневато-дымчатые кристаллы, в среднем до 5–6 см в длину и до 1–3 см по оси *a*. П. П. Сущинский отмечает кристаллы дымчатого кварца до 15 см в длину и до 4 см толщиною. Нами наблюдалась чёткая последовательность, выражающаяся в том, что наиболее ранним в жиле является берилл, затем, если есть, – кварц, топаз, а после них снова может образоваться кварц, облекая и захватывая эти ранние кристаллы. Можно видеть,

что они росли близко-одновременно, и топаз лишь несколько запаздывает. О близко-одновременном росте свидетельствуют факты захватывания тонких тел турмалина соприкасающимися головками либо внешними слоями зоны призм берилла и зоны ромбоэдров кварца. Агрегаты кристаллов этих главных ранних минералов затем покрываются тонким слоем турмалиново-кварцевого либо слюдисто-турмалиново-кварцевого агрегата.

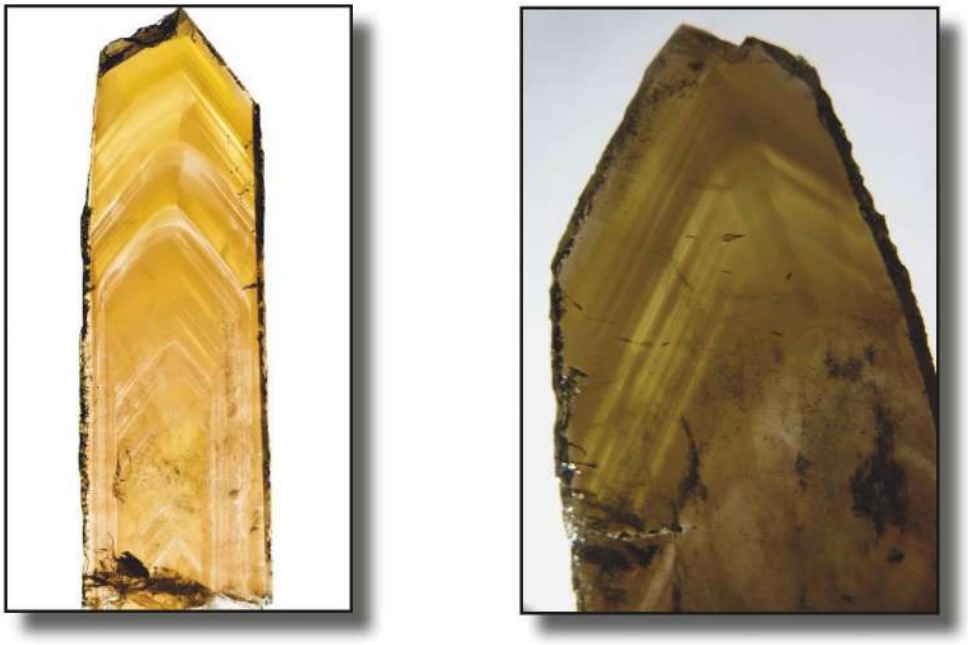
Для Белотопазовой типичны светло-зелёные либо светло-желтовато-зелёные кристаллы III типа. Процесс образования их был преимущественно стабилен, в закрытых системах при высоких концентрациях газовой фазы, способствовавшей захвату ГЖВ, обилие которых создаёт главный дефект аквамарина. По нашим данным, участок заслуживает пристального внимания как возможный источник ювелирных и коллекционных топаза, аквамарина и ювелирного кварца.

Как и в пределах Миллионной ямы, выработка была заложена в красно-коричневом бесполевошпатовом граните. Цвет гранита обусловлен широким развитием поздних гидроокислов железа, развивающихся по послерудным железистым карбонатам, которые широко развиты в Белотопазовой.

В таких жилах кварцево-топазовый грейзен является субстратом для друз, состоящих из топаза, берилла и кварца. В описываемом случае развиты щётки бериллово-топазово-кварцевого состава, покрытые мелкозернистой шерлово-кварцевой коркой. Она, в свою очередь, перекрыта агрегатами турмалиново-хлоритового состава, содержащими, вероятно, карбонаты. Весь штуф покрыт плёнкой гидроокислов железа, содержащих глинистые минералы.

Грейзен сложен ранним густо-дымчатым либо морионоподобным кварцем, мелкозернистым кварцево-топазовым агрегатом, окружающим ранний кварц. В грейзене присутствуют полости различной формы, выполненные кристаллами бесцветного кварца, топаза и пачками и кристаллами слюды. Изредка в грейзене на переходе к его трещинной части присутствуют тонкостолбчатые кристаллы бесцветного или бледножелтого берилла, которые имеют толщину до 4–5 мм. Последовательность минералообразования следующая: берилл – кварц – топаз – флюорит – турмалин. Ранние кристаллы берилла светло-зеленоватые, серо-голубоватые. Они растут от стенки трещины под углами, близкими к 30°. Чаще всего, кристаллы берилла полупрозрачны, трещиноваты, зональны. Внешняя зона почти бесцветная, реже – серо-зелёная, либо голубовато-серая, поздние кристаллы – чистой воды, по Ne – желтоватые. Ранние кристаллы – до 0,6 см по оси *a* и до 3 см по оси *c*. Поздние – до 0,3 см по оси *a* и до 1 см по оси *c*. Кварц дымчато-серый, дымчато-розовый, реже – цитриновый. Кристаллы его достигают до 0,6–1,0 см по оси *a* и до 4 см по оси *c*. Топаз – 1–5 мм по оси *c*, бесцветен. При достаточно внимательном изучении кварца этого участка можно обнаружить *аметрин*, отличающийся от классического тем, что он будет содержать кроме аметистовой и цитриновой зон внутреннее *дымчатое ядро* (см. рис. 71). Здесь встречаются также довольно крупные (до 8 см по осям *a*) зональные кристаллы кварца, головки которых имеют сложное зональное строение. В них проявлена ритмично-зональная область, характеризующаяся чередованием светло-дымчатых, тёмно-дымчатых и коричнево-фиолетовых полос, весьма интенсивно окрашенных (см. рис. 106*а*, *б*), окраска котрых обусловлена присутствием наряду с кремнекислородными тетраэдрами AlO_4^{-1} и FeO_4^{-1} тетраэдров, в которых в качестве компенсаторов зарядов присутствуют, соответственно, Na^{+1}и Li^{+1}. При этом для возникновения аметистовой окраски необходима кислая среда, которая обеспечивается избытком фтора, о чем свидетельствует постоянное присутствие в жильном парагенезисе флюорита и топаза. Последний образует одну из послекварцевых генераций. Флюорит же выделяется после топаза.

В полостях развиты щётки кристаллов кварца (см. рис. 107), а также голубовато-зеленоватого берилла со щётками белого топаза (см. рис. 108).



а *б*

Рис. 106: *а* – ритмично-зональный цитрин. Шерловая Гора. Лукаво-Золотая. Выработка Балагурова. 3×8 см. Фото С. Вяткина; *б* – ритмично-зональный дымчатый аметрин. Привязка та же. 3×4 см. Снято при естественном освещении

Рис. 107. Полость с кристаллами кварца в подземной выработке. Шерловая Гора. Лукаво-Золотая. Выработка Панкратова

Рис. 108. Корка кристаллов почти бесцветного топаза на аквамарине. Шерловая Гора. Копь Новикова. 4×5×12 см

Описанные выше топаз-берилл-кварцевые агрегаты часто покрыты неравномерным тонкозернистым слоем турмалиново-кварцевого состава. Турмалин двух генераций: ранний – чёрный и поздний – зелёный. В ассоциации присутствует альбит. Кварц образует мельчайшие (длина 0,1–0,05 мм) идиоморфные кристаллики. В этом агрегате, цементируя всю массу, присутствует иллит с Nm около 1,590. Подобные образования развиты и в других местах к востоку от Обвинской Сопки.

Копи на южных и юго-западных склонах сопки Лукавой, в верховьях пади Лукаво-Золотая, не описаны у П. П. Сущинского. Во время полевых работ 1991–1993 и 2007–2015 гг. нами осматривались эти выработки. Особенности бериллсодержащих образований, находящихся в их отвалах, заключаются в том, что основная масса встречающегося там берилла находится в рубашках гидроокислов железа, содержащих тонкоигольчатый турмалин, мелкие кристаллы кварца, ярозит, монтмориллонит, гидроокислы марганца, флюорит. Берилл представлен интенсивно обохренными по трещинам, часто рассыпающимися по ним аквамаринами, частью жёлтыми и жёлто-зелёными разностями. Кристаллы в большинстве случаев имеют округлые сечения, размеры их – от единиц миллиметров до 2–3 см по оси *a* и, судя по отдельным крупным фрагментам, – до 10–15 см по оси *c*. Внутренние части кристаллов нередко совершенно прозрачны. Наряду с упомянутыми мутными трещиноватыми кристаллами развиты также индивиды, ограненные гранями призмы $(10\bar{1}0)$, пинакоида (0001) и гексагональных дипирамид P $(10\bar{1}1)$ и S (1121). Размеры их до 12 мм по оси *c* и 6 мм по оси *a*. Они представляют собой вполне удовлетворительный материал для огранки.

Характерной особенностью участков на восточном и юго-восточном склонах Лукавой Сопки является широкое развитие кварца с хорошо образованными и чистыми головками, которые могут быть использованы как ювелирный материал.

В пределах Лукавой Сопки широко развиты жилы с бериллом и топазом. Здесь наблюдаются постепенные переходы от гранита с миаролами к жильному агрегату кварцево-бериллового состава. Миароловая порода состоит из кристаллически-зернистого кварца, слюд и топаза. Крупные морионоподобные зёрна (3–4 мм) кварца представляют собой зональные кристаллы, а не остатки от выщелачивания полевых шпатов в аляскитовых гранитах. В миаролах – на их стенках – друзы мелкокристаллического кварца, в срастании с ними – редкий альбит, сидерофиллит и топаз, очень редко турмалин и флюорит. Жильный материал представляет собой также щётки и друзовые агрегаты кварца, берилла и топаза. Кварц – двух генераций, доберилловый и послеберилловый. Доберилловый кварц чаще тёмно- и светло-дымчатый. С ним в срастаниях находится светло-зелёный берилл, на котором обнаруживаются наросты кристаллов бесцветного берилла. На этих агрегатах либо в тесном срастании с ними – бесцветный или бледно-голубой топаз и розово-дымчатый или цитриноподобный кварц.

На этом же участке развиты миароловые топазовые граниты (грейзены). В крупных миаролах развит бледно-зелёный обохренный берилл, образующий зональные кристаллы до 1 см по *a* и 2 см по *c*, окружённые топазом поздней генерации. На гранях топаза – полосчатые фарфоровидные образования, так называемые конёвьи зубы, описанные П. П. Сущинским на Белотопазовой. На кристаллах раннего берилла – наросты позднего ростеритового берилла. Редко наблюдаются существенно кварцевые породы, сложенные агрегатом полупрозрачного мориона, содержащего сростки микроклина и сидерофиллита. Этот существенно кварцевый агрегат постепенно переходит в кварцево-берилловую жилу. Берилл – жёлто-зелёный. Кристаллы до 1 см по оси *a* и до 3 см по оси *c*.

На этом же участке наблюдались переходы зон существенно кварцевого состава в топазово-кварцевый, затем – топазово-слюдяно-берилловый агрегат с кварцем. В этом материале, служащем субстратом для кристаллов берилла, присутствуют ранние округлые кристаллы дымчатого кварца. Кристаллы берилла находятся прямо на мелкозернистом кристаллически-зернистом кварцевом агрегате. По оси *a* они достигают 0,3–2,0 см и не менее 4 см по оси *c*. Сечение кристаллов округлое. Наблюдаются сростки удлинённых кристаллов топаза с бериллом по [01$\bar{1}$0]. Цвет берилла по причине его выветрелости плохо выражен, но в отдельных сохранившихся частях он почти бесцветен или серо-зеленоватый.

В конце 1990 – начале 2000-х гг. местные жители активизировали подземную добычу камня с использованием современного портативного горнопроходческого оборудования – компрессоров, отбойных молотков, хороших фонарей. Они работают не только летом, но и зимой. Иногда для вскрытия погребённых под делювиально-техногенными наносами коренных продуктивных жил и зон они используют небольшие экскаваторы типа «Петушок».

На участке перехода от Золотого Отрога к Сопке Лукавой в берилловом агрегате, сложенном ранним жёлто-зелёным и поздним жёлтым бериллом, в трещинах наблюдались мелкие пластинчатые кристаллы ферберита. Здесь же найден сросток голубовато-зеленого аквамарина (1,2 см по *a* и 3 см по *c*) и псевдоморфозы гидрогётита по тупому ромбоэдру сидерита или анкерита таблитчатой формы (см. рис. 109). Псевдоморфоза имеет размеры таблицы 6×4,5 см при толщине до 1,5 см. Видимо, кристалл железистого карбоната вырос, постепенно окружая длинностолбчатый кристалл аквамарина. На находки подобного вида имеются указания П. П. Сущинского в 1917 г. и А. К. Болдырева и Я. А. Луи [1929].

Рис. 109. Аквамарин в псевдоморфозе гидроксидов железа и марганца по мангансидериту. Ширина 7 см. Участок между Сопкой Лукавой и Золотым Отрогом

Гелиодоры развиты в основном в жилах с сидерофиллитом, широко распространённых в пределах всего Шерловогорского месторождения. Наиболее характерно это для жил южной части месторождения, в особенности жил южной части Золотого Отрога, который, вероятно, и получил своё название по этой причине. Здесь в отвалах старых выработок найдены штуфы, характеризующие берилловые осевые части жил на полную мощность (2–10 см). Они представляют собой

субпараллельно-шестоватые, радиально-лучистые агрегаты кристаллов берилла встречного роста. Кристаллы берилла – от голубовато-зелёных до зеленовато-жёлтых и жёлтых.

Последовательность образования цветовых разновидностей берилла следующая. Со стороны одного из контактов происходит рост зеленовато-жёлтого гелиодора, со стороны другого – светло-серо-голубого, частью переходящего к зеленовато-голубому аквамарину. Наблюдаются две генерации гелиодора. Ранний предшествует кристаллам светло-серо-голубого аквамарина. Головки этого гелиодора находятся в виде включений в секторе призмы светло-серо-голубого аквамарина, что свидетельствует об их существовании до того, когда сформировалась грань призмы аквамарина.

В части кристаллов гелиодора внутренние зоны, в свою очередь, сложены светло-голубым аквамарином, который образует в отдельных кристаллах гелиодора подобие фантомов. Границы их бывают обозначены либо зонами включений, либо перерывом в процессе кристаллизации. Вторая генерация гелиодора характеризуется, преимущественно жёлтой окраской, иногда оранжево-жёлтой. В последнем случае бывает заметен дихроизм: жёлтый цвет по Ne и оранжево-жёлтый до красно-жёлтого по No (Ne < No). Эти разности гелиодора в редких случаях образуют тонкие (до 0,2–1,5 мм) каймы вокруг зоны призмы светло-голубого, светло-серо-голубого, бледно-зеленовато-голубого аквамарина.

В жилах с сидерофиллитом в полостях с кристаллами гелиодора развит поздний шерлово-сидерофиллитовый комплекс. Шерл в виде фрагментов тонких игл и их агрегатов находится в тонкочешуйчатой массе сидерофиллита. Весь этот агрегат выполняет полости между кристаллами гелиодора и цементирует их обломки. Весь агрегат иногда пропитан натечными формами гидроокислов железа и марганца. Существенно берилловые агрегаты слагаются разноориентированными кристаллами. Внутренние части их голубовато-зелёные, внешние – бесцветные или желтоватые. В отдельных индивидах внутренние зоны голубые, внешние – светло-зелёные и жёлтые, иногда зелёно-жёлтый цвет в приграненных частях переходит в жёлтый. На зелёно-жёлтых и голубовато-зелёных, реже – голубых кристаллах берилла и в пустотах между ними – кристаллы бесцветного топаза 0,5–1,5 мм по оси *c*. Позже топаза выделяется очень светлый нежно-зелёный берилл с плеохроизмом Ne ≤ No, переходящий к гелиодороу. В этих случаях головка огранена не пинакоидом, а комбинациями обеих дипирамид и пинакоида, но преобладают грани дипирамид. В подобных агрегатах кварц – добериллов или синхронный с ним – дымчатый, до мориона, а послеберилловый чаще содержит цитриновые зоны реже представлен аметрином.

Последовательность образования минералов в жилах обобщена на примере жилы Кузнецова, вскрытой северо-восточнее жилы Миллионная выше от неё по склону примерно 140 м. Она представлена на рис. 110. Последовательность минералообразования в жиле с камнесамоцветным сырьём коррелирует с измененим условного потенциала ионизации.

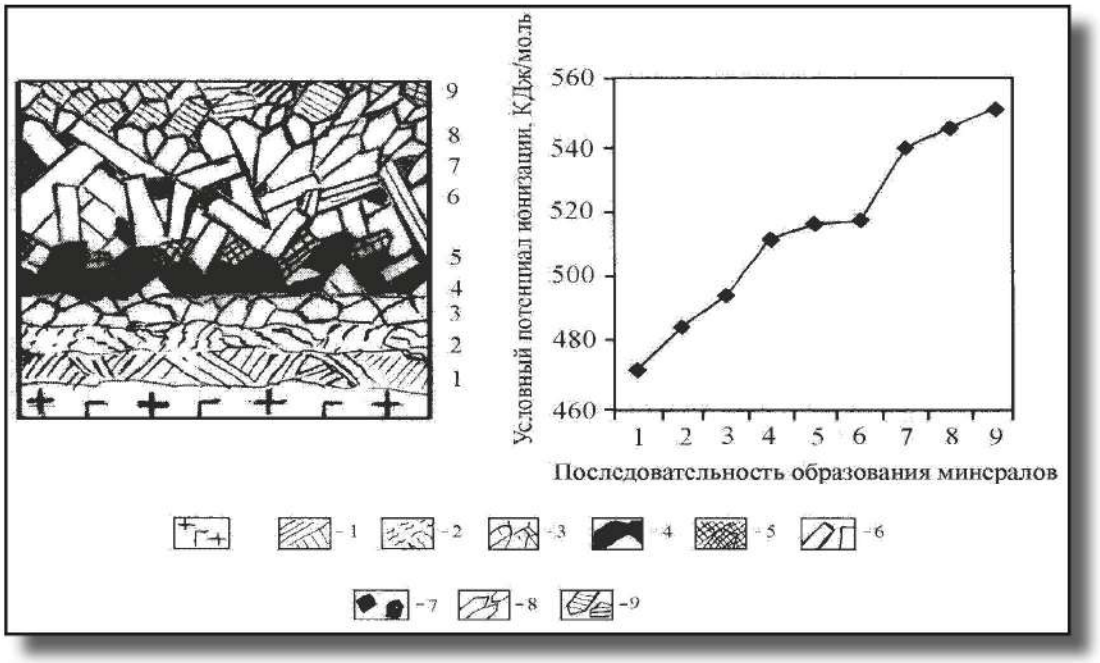


Рис. 110. Схема строения жилы Кузнецова и условные потенциалы ионизации последовательно образованных минералов. Приконтактовая часть жилы представлена грейзеном:
1– биотит, 2 – сидерофиллит, 3– мусковит, 4 – ферберит, 5 – висмутин, 6 – берилл,
7 – касситерит, 8 – кварц, 9 – топаз

Геммология берилла. Общие замечания. Геммологические свойства берилла определяют возможность его использования в качестве сырья для определённых видов обработки. Наиболее важными утилитарными свойствами кристаллов берилла как ограночного ювелирного сырья являются размеры их блоков, характеризующиеся насыщенным приятным цветом, прозрачностью и отсутствием дефектов (трещин, твёрдых и газово-жидких включений, следов нарастания зон в зональных индивидах). За 50 лет (1962–2016) автором собрана коллекция кристаллов шерловогорских бериллов и их фрагментов, сростков с другими минералами в количестве около 6,5 тыс. Основная масса их приобретена у жителей Шерловой Горы, часть кристаллов подарена автору, часть собрана из делювия и отвалов старинных выработок во время многократных посещений, часть приобретена в АОЗТ «Аквамарин». Кроме того, осмотрены и описаны кристаллы из частных собраний коллекционеров.

Изучение кристаллов берилла и топаза выполнено методами количественного эмиссионного спектрального анализа, MS ISP, методами спектрофотометрии в видимой ИК-области. Данные химического состава зональных кристаллов заимствованы из работы «Свойства ограночного топаза Шерловой Горы» [Горячкина, 2005]. Они выполнены на волновом микрозонде CAMEBAX SX 50 фирмы CAMECA (кафедра минералогии МГУ, аналитик И. А. Брызгалов, при содействии О. В. Кононова). Подготовка проб берилла и топаза к анализу на микрозонде выполнена Т. В. Чеверевой, О. А. Озеровой и Ю. А. Масленниковой (студенты кафедры минералогии МГУ, научный руководитель О. В. Кононов). Для кристаллов берилла основных цветовых разновидностей изучены оптические спектры поглощения в видимой области, снятые заведующим лабораторией физики минералов ЗабНИИ, канд. геол.-минерал. наук В. М. Лапушковым. Показатели преломления измерены автором. В необходимых случаях для определения параметров элементарной

ячейки использованы рентгенометрические исследования. Для уточнения природы окраски бериллов использован метод ЭПР [Yurgenson e. a., 2010].

Формы и размеры кристаллов. Кристаллы берилла, их фрагменты, в большинстве своем ограниченные поверхностями скола по отдельности по (0001), имеют размеры от 1 до 85 мм по оси *a* и от 3 до 202 мм по оси *c*, полученные непосредственно автором измерением кристаллов из его коллекции. По описаниям П. П. Сущинского [1925] и А. К. Болдырева и Я. И. Луи [1929], целые кристаллы достигали до 30 см в длину при толщине до 3–5 см. Один из кристаллов голубовато-зелёного аквамарина, из числа добытых в последние 5 лет из одного из гнезд зоны Поднебесных, имеет длину до 320 мм [Юргенсон, Кононов, 2014]. Среди кристаллов и их обломков преобладают длинностолбчатые индивиды, для которых типичны круговые и овальные формы поперечных сечений, реже встречаются чётко гексагональные. Большинство кристаллов представляют собой параллельные сростки относительно тонких призматических кристаллов или с поверхности огранено множеством граней гексагональной призмы. Поэтому они не имеют чётко выраженных гладких и плоских граней призмы, что и определяет развитие индивидов с криволинейными, округлёнными сечениями. Нередко в процессе параллельного совместного роста призматические индивиды, растущие в длину по осям *c* и в ширину по осям *a*, начинают соприкасатья. Соприкасаясь, они могут образовать субгомогенный кристалл, характеризующийся единым симметричным полем. При этом такие агрегаты имеют чётко выраженную поперечную зональность, обусловленную прерывистотью роста (см. рис. 20 и 23). Нередко кристалл состоит из разграниченных перерывом роста двух блоков параллельных сростков: внутреннего раннего блока и позднего, иногда разделенных тонким слоем глинистого вещества (см. рис. 19). О том, что весь этот сложный поликристалл рос в единой, меняющейся по одному закону, системе свидетельствует единая для всего агрегата поперечная зональность. Одноцветные зоны из одного соприкасающегося индивида переходят в другой. Ширина каждой из них во всех соприкасающихся кристаллах одинакова. Кристаллы имеют грубую продольную штриховку. Но сечения поликристалла в его основании и на грани пинакоида различны. Всегда от начала роста поликристалла к его пинакоидальному концу оно возрастает. Соотношения длин кристаллов и изменения сечений в этом направлении даны в табл. 17, где $2a_o$ – сечение основания кристалла, $2a_p$ – сечение пинакоида, f – их соотношение, L – длина.

Таблица 17

Характеристика поликристаллов кристаллов-субпараллельных сростков берилла

Параметры				*Примечание*
№ п/п	$2a_o$ *mm*	$2a_p$ *mm*	*L mm*	
1/1	18	20	144	Зональный, голубовато-зелёный, f =1.11(11)
2/ШГ-10/149	27	30	73	Зеленовато-голубой, с трубчатой полостью внутри, f =1.11(11)
3/3	26	28	56	Прозрачный зелёный с чёткими поперечными зонами зелёно-голубого цвета. Вицинали треугольные и ромбические, f =1.077
4/4	17	17	42	Уплощённый полуцилиндр почти чистой воды, бледно-голубой, f =1.0
5/5	19	21	43	Сросток 8 оливково-жёлтых кристаллов гелиодора в виде вогнутого полуцилиндра с поперечной зональностью. Тонкие зоны голубовато-оливковые, f = 1.105

Особенности состава берилла Шерловой Горы и связь с ним окраски. Впервые с использованием микрозондового анализа проведено изучение изменчивости химического состава берилла в пределах зональных кристаллов с максимальным сечением до 2 см на поперечных разрезах. Содержание алюминия от центра кристалла к периферии уменьшается, а примесей – возрастает. Примесью, замещающей позиции алюминия, в основном является железо, содержание которого во внешней зоне на порядок выше, чем во внутренней. Подобный характер имеет распределение марганца. Магний, хром, ванадий и титан, а также галлий преобладают во внутренней зоне. Щелочные металлы: натрий, цезий, калий, занимающие каналы в кольцевой структуре берилла, преобладают во внешней зоне.

Наиболее распространённым хромофором в шерловогорских бериллах является железо, содержание которого варьирует в широких пределах, образуя максимум (1,305 – 0,95 % Fe_2O_3) в чисто голубых и светло-голубых разностях, отличающихся относительно повышенными содержаниями Cr_2O_3 (см. табл. 18).

Таблица 18

Средние содержания (мас.%) примесей элементов-хромофоров в бериллах

Цвет	Fe_2O_3	Cr_2O_3	V_2O_3	*MnO*
Голубой	1,305	0,02	0,018	0,022
Светло-голубовато-зелёный	0,980	0,02	0,02	0,034
Светло-зеленовато-голубой	0,923	0,035	0,028	0,02
Зелёно-голубой	0,255	0,011	0,036	0,014
Зелёный	0,51	0,09	0,04	0,005
Светло-жёлтый	0,49	0,012	0,039	0,024
Жёлтый	0,32	0,005	0,04	0,005
Тёмно-жёлтый	0,76	0,025	0,013	0,041

В некоторых зеленовато-голубых, светло-зелёных и зелёных кристаллах обнаружен хром. Содержание Cr_2O_3 достигает 0,09 %, что сопоставимо с таковым в изумрудах. Это позволяет сделать вывод о присутствии на Шерловогорском месторождении изумрудной минерализации, что подтверждает наши предположения [Юргенсон, 2001].

Для оценки геммологических особенностей кристаллов берилла важно знать зависимость их окраски от примесей железа, ванадия и хрома, являющихся главными его хромофорами. Природа окраски берилла Шерловой Горы изложена нами ранее [Юргенсон, 2001]. Здесь лишь уточним некоторые особенности и новые данные, полученные в результате изучения берилла методом ЭПР-спектроскопии [Yurgenson e. a., 2010]. Подтверждено, что голубая окраска аквамарина и её интенсивность зависит от примеси двухвалентного железа. Переход голубой окраски в зеленовато-голубую и зелёную определяется соотношением двух- и трёхвалентного железа при преобладании первого. Типичная зелёная окраска возникает в кристаллах, где соотношение этих двух форм железа примерно равно единице. Желтоватый оттенок характеризует некоторое преобладание трёхвалентного железа, а типичные гелиодоры характеризуются чётким его преобладанием. При этом оранжево-жёлтые и густо-чайные кристаллы характеризуются исключительно преобладанием трёхвалентного железа. Указанные зависимости однозначно подтверждены изучением ЭПР-спектров большой выборки кристаллов. Эти выводы опубликованы нами и поэтому здесь не повторяются [Yurgenson e. a., 2010]. Указанные зависимости окраски от соотношения форм железа хорошо видны на рис. 38.

Из данных пересчёта микрозондовых анализов, выполненных А. С. Афанасьевой в 2009 г., следует, что благородные разновидности берилла Шерловой Горы

характеризуются широкими вариациями изоморфного содержания Fe, замещающего структурные позиции Al, и щелочных металлов Na, Cs и K, располагающихся в каналах кольцевой структуры берилла, а также соотношением содержания двух- и трёхвалентного железа, рассчитанных по схеме гетеровалентного изоморфизма:

$$\mathbf{R^{3+}=R^{2+}+R^{+}},$$

где $R^{3+}=(Al^{3+}+ Fe^{3+}+ Cr^{3+}+V^{3+})$ в октаэдрической позиции; $R^{2+}=(Fe^{2+}+ Mg^{2+})$, входящие также в октаэдрическую позицию, но с возникновением избыточного отрицательного заряда [Yurgenson e. a., 2010]; $R^{+}=(Na^{+}+Cs^{+}+K^{+}+Rb^{+})$, располагающиеся в каналах кольцевой структуры берилла с избыточным положительным зарядом, теоретически равным избыточному отрицательному заряду. При этом условию $\mathbf{R^{2+}=R^{+}}$ больше отвечают данные анализов аквамарина с соотношением $\Sigma Fe+Mg/\Sigma R^{+}$ для аквамарина от 1:1 до 2:1. При $\Sigma Fe+Mg > R^{+}$ относительное содержание трёхвалентного железа несколько увеличивается в зелёном берилле и преобладает в гелиодоре. С этими данными полностью согласуются спектры поглощения. Установленным трём химическим типам берилла соответствуют 3 типа полученных ею спектров, характеризующих аквамарин, зелёный берилл и гелиодор соответственно. Содержание двух- и трёхвалентного железа на оптических спектрах хорошо отображается интенсивностью соответствующих полос поглощения.

В некоторых зелёных кристаллах, в частности из жильной зоны Новикова, установлено содержание хрома до 0,02 %, что позволяет определить их как изумруды. Для выявления принадлежности зелёных бериллов к изумрудам требуется выполнение большого количества определений в них хрома и изучение спектров поглощения в видимой области. Большинство кристаллов берилла Шерловой Горы имеют поперечную зональность в смене окраски. Ширина зон различна. Но это обстоятельство необходимо учитывать при изготовлении гранёных вставок. Примеры кристаллов зелёного цвета различных оттенков из жильной зоны Новикова приведены на рис. 111.

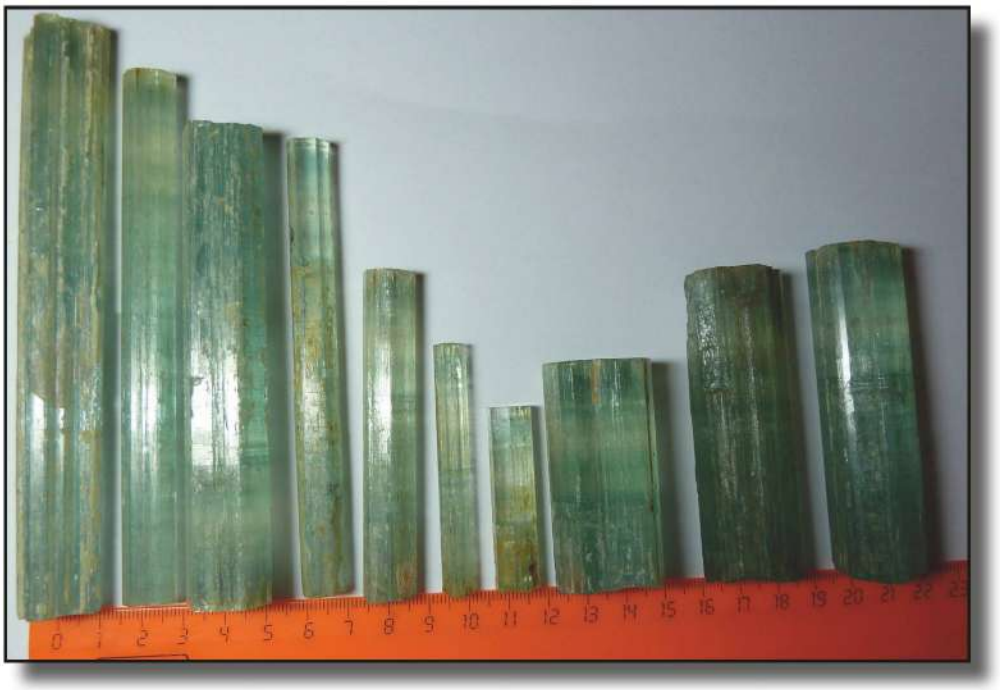


Рис. 111. Десять кристаллов зелёного цвета различных оттенков из жильной зоны Новикова

Нередко вследствие плеохроизма интенсивность окраски, особенно зональных кристаллов, чётко различается в направлении оси *c* и перпендикулярно к ней. Чаще всего она возрастает при просматривании кристалла со стороны грани пинакоида. Эту особенность следует учитывать при выборе ориентировки заготовки для огранки камня. Пример огранённой вставки из фрагмента кристалла из одной из жил Мелехинской Сопки приведён на рис. 112.

Рис. 112. Гранёная вставка желтовато-зелёного берилла. Масса 17 ct

Рис. 113. Гранёная вставка гелиодора. Масса 10 ct

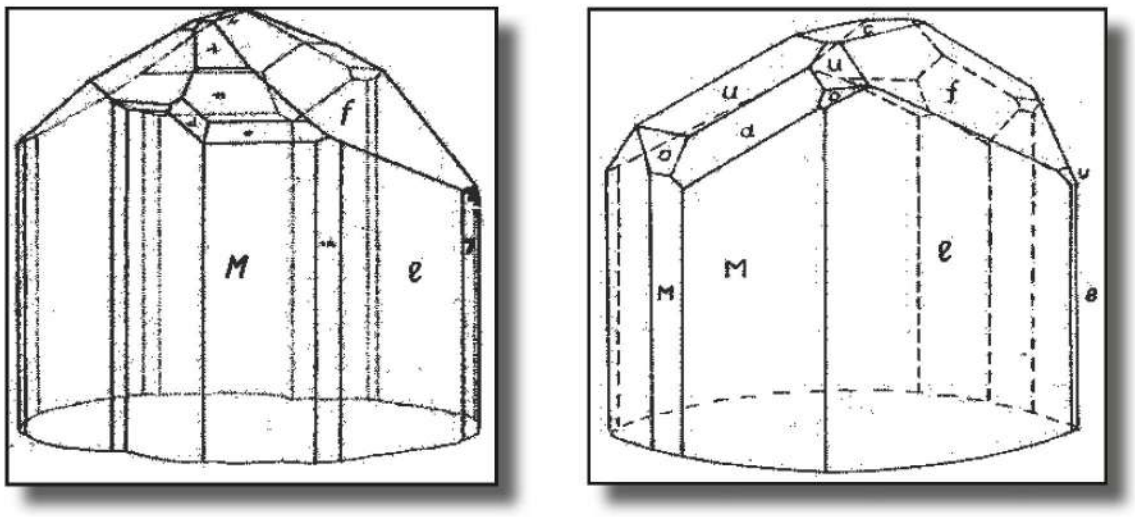
Для многих кристаллов гелиодора, особенно золотисто-жёлтых и цвета густо заваренного чая, типична частая поперечная зональность, характеризующаяся сменой светло-жёлтых и тёмноокрашенных зон. Эти кристаллы относятся к гелиодору II типа. При их огранке следует иметь в виду, что окраска вставки становится сочной и почти гомогенной, если её удлинение совпадает с осью *c* кристалла, как это видно на рис. 113, где представлен огранённый фрагмент кристалла из россыпи Гелиодоровая.

Условия образования берилла Шерловой Горы. Вариации содержания двух- и трёхвалентного железа в изученных разновидностях берилла обусловлены окислительно-восстановительной обстановкой кристаллизации, в восстановительной – аквамарина, промежуточной – зелёного берилла и окислительной – гелиодора. Таким образом, окраска берилла может служить типоморфным критерием оценки окислительно-восстановительных условий образования. Зональные кристаллы берилла Шерловой горы, с последовательным изменением окраски от голубой к зелёной до жёлтой, однозначно свидетельствуют о закономерной смене относительно-восстановительных условий в начале кристаллизации более окислительными в конце.

В соответствии с установленными тенденциями увеличивается щёлочность среды минералообразования, что согласуется с данными о более высоком содержании щелочных металлов в зелёном и жёлтом берилле по сравнению с аквамарином. Увеличивается также относительное содержание цезия.

Геммологические свойства топаза. Топаз вместе с кварцем относится к числу самых распространённых минералов Шерловой Горы. В составе кварц-топазовых и топазовых грейзеновых зон, в жилах выполнения в виде мономинеральных кристаллически-зернистых агрегатов или друз кристаллов, в срастаниях с кристаллами дымчатого кварца и цветных разновидностей берилла, он встречался и встречается во всех без исключения горных выработках на Золотом отроге, на участке Поднебесных, на склонах Лукавой, Обвинской и Гопеевской сопок. Первое гониометрическое описание шерловогорского топаза было выполнено Н. И. Кокшаро-

вым (1861). Сравнение с кристаллами из других месторождений позволило ему выделить ряд морфологических типов, отличающихся в основном степенью развития граней пинакоида. Он установил так называемый шерловогорский тип кристаллов топаза, отличающийся отсутствием грани пинакоида (см. рис. 47) *p* (001), преобладанием граней ромбических призм *l* (120) и *n* (021), слабым развитием ромбических призм *M* (110), *d* (201), ромбической дипирамиды *o* (111), а также грубой штриховкой на гранях вертикального пояса. В настоящее время в результате исследований П. П. Сущинского, А. К. Болдырева, О. В. Кононова, В. Ф. Барабанова установлено, что шерловогорский тип кристаллов на самом деле представлен несколькими морфологическими разновидностями, которые относятся к четырём генерациям [Юргенсон, Кононов, 2014]. В целом они характеризуются преобладанием граней ромбических призм (021) и (201) и призм вертикального пояса (130), (120), (110), вертикальной штриховкой или её отсутствием, подчинением граней дипирамид (221) и (111), различной степенью развития и отсутствием граней пинакоида (001, укороченно-призматическим, удлинённо-призматическим или игольчатым габитусом, нередко уплощенным по оси *a*. В разное время эти исследователи изучили кристаллы: Адун-Челонский – шерловогорский тип (по Кокшарову, 1862); прозрачный бесцветный кристалл из жилы Поднебесных (по П. П. Сущинскому, 1925); укороченно-призматический бесцветный кристалл (по А. К. Болдыреву, 1929); укороченно-призматический прозрачный бесцветный кристалл из полости с каолинитом в арсенопирит-флюорит-берилловой жиле № 1 участка Поднебесных (по О. В. Кононову, 1955); удлинённо-призматический прозрачный бесцветный кристалл, нарастающий вместе с игольчатым турмалином на призматический кристалл зеленовато-жёлтого гелиодора (по Г. А. Юргенсону, 2010). Наибольшую ювелирную ценность представляют бесцветные водяно-прозрачные укорочено-призматические кристаллы топаза, приуроченные к занорышам с каолинитом. Они отличаются более полным развитием граней пинакоида (001), ромбических призм (021) и (201), призм вертикального пояса (130), (120), (110), дипирамид (221) и (111) и отсутствием вертикальной штриховки (см. рис. 114, 115).



а) *б)*

Рис. 114. Формы водянопрозрачных кристаллов топаза, пригодных для огранки

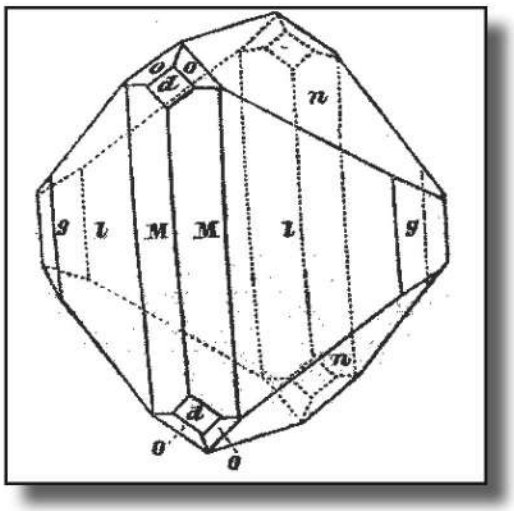


Рис. 115. Типичная форма кристалла топаза по Кокшарову

Топаз чаще всего бесцветен. В жильном материале топаз отлагается после берилла. В интерстициях округлого сечения в жильном материале присутствует поздняя гидрослюда. Кристаллы её зональны. Внутренние части её розовато- или лиловато-серые, внешние – голубоватые, до серовато-зелёных.

Топаз грейзеновых зон отличается более высоким содержанием алюминия, причём наиболее им богат топазовый грейзен, а самое низкое содержание алюминия в топазе из жил выполнения. Наиболее существенно в топазе меняется содержание фтора в широких пределах от 1,524 до 1,99 ф. к. Распределение фтора находится в зависимости от принадлежности его к грейзенам или жилам выполнения.

В грейзеновых зонах оно максимально и увеличивается от передовой мусковит-кварц-топазовой к кварц-топазовой и до существенно топазовой. В топазе из жил выполнения оно последовательно уменьшается по мере кристаллизации и переходу от ранних ассоциаций к поздним, находящимся в срастании с турмалином. Закономерно меняется довольно низкое содержание изоморфных примесей (менее 0,006 ф. к.).

Топаз из грейзеновых зон содержит больше галлия и меньше германия по сравнению с топазом из жил выполнения, что коррелируется с относительным содержанием алюминия и кремния.

Таким образом, к типоморфным особенностям топаза из грейзенов и жил выполнения относятся кристалломорфология, внутреннее строение и химический состав, соотношение алюминия и кремния, содержание фтора, а также Fe, Ga и Ge. (см. табл. 19) [Yurgenson, Kononov, 2014].

Таблица 19

Особенности химического состава топаза трёх ассоциаций минералообразования

Ассоциации	*Грейзеновые зоны с кварцем*	*Жилы выполнения с аквамарином*	*Ассоциации с турмалином*
$Al_{ср}$ ф. к.	2,021	1,998	2,001
$F_{ср}$ ф. к.	1,780	1,675	1,611

Геммологические особенности кварца. Кварц является самым распространённым минералом Шерловогорского месторождения. Он развит практически повсеместно как породообразующий минерал и как важнейшая составная часть жильного выполнения. Он входит в состав вмещающих гранитов, грейзеновых зон и жил выполнения, кварцевых порфиров и других рудовмещающих горных пород, а также олово-полиметаллических руд.

Кварц составляет основной объём всех полостей и жильных тел. Выявлено до пяти генераций его кристаллов.

Первая представляет собой реликты вкрапленников мориона в морионовых гранитах. *Вторая* развита в призальбандовых частях полостей и жил, продуктивных на ювелирные берилл и топаз. Это – массивный кристаллическизернистый тёмно-дымчатый кварц, на котором выросли щётки и друзы вольфрамита, берил-

ла, кварца и топаза. Кварц этих щёток и друз относится к *третьей* генерации. Его кристаллы обычно образуются после берилла. К *четвёртой* генерации относятся кварцевые агрегаты и прозрачные бесцветные или цитриновые прозрачные вешние зоны этих кристаллов или нарастающие на них кристаллы горного хрусталя. *Пятую* генерацию слагают жилы и щётки белого кварца с прозрачными головками, секущие олово-полиметаллические руды. Нередко эта генерация представлена тонкими жилками и корками халцедона, иногда образующими сосулькоподобные агрегаты.

Вкрапленники кварца в онгонитах, кварцевых порфирах и гранит-порфирах представляют собой параморфозы α-кварца по β-кварцу и имеют форму, образованную комбинациями гексагональных призм и бипирамид. Размеры их варьируют в пределах 0,8–6 мм. Как правило, в грейзенах он сохраняется в виде реликтов. Метасоматический кварц в виде зерен неправильной формы образует срастания с мусковитом и топазом. В приконтактовых существенно кварцевых зонах грейзенов кварц вкрапленников сохраняется в виде тёмно-дымчатых включений. В жилах выполнения с мусковитовой оторочкой он образует сплошные агрегаты молочно-белого цвета с вольфрамитом или молибденитом.

В жилах выполнения, в гнездовых раздувах, ритмично зональные кристаллы дымчатого кварца сопровождают агрегаты аквамарина и топаза (см. рис. 116, 117).

Рис. 116. Кварц-топаз-берилловый агрегат. Шерловая Гора. Копь Новикова. 6×4×4 см

Рис. 117. Друза тёмно-дымчатого кварца с поздними генерациями кристаллов топаза и берилла. 6×6×8 см. Шерловая Гора, Лукаво-Золотая. Фото Р. А. Филенко

Формы кристаллов тригонально-призматические и призматические. Преобладают первые. Размеры кристаллов кварца из полостей с бериллом и топазом в среднем находятся в пределах 40–80 мм по оси *c* и 1,6–3,0 мм по *a*. Особенно крупные кристаллы его известны в копях Миллионной, Поднебесных, Новикова, в жиле Кузнецова и в карьере на левом склоне отрога Обвинской Сопки при вершине пади Рудничной, ниже копи Новикова. Здесь в полости объёмом до 0,7 м^3 партия «Читагеологоразведки» летом 2010 г. извлекла около 100 кг дымчатых кристаллов кварца, отдельные индивиды которых достигали 40 см по оси *c*.

Фото одного из крупных кристаллов 283 мм по оси ***c*** и 105 мм по оси *a* (основание кристалла отрезано для исследований) приведено на рис. 118. Кристалл оббломан и регенерирован. На срезе видно зональное строение и сиренево-дымчатая окраска (см. рис. 119).

Рис. 118. Кристалл тёмно-дымчатого кварца. Шерловая Гора. Лукаво-Золотая. Выработка Балагурова

Рис. 119. Зональное сечение этого кристалла

Рис. 120. Последняя генерация светло-жёлтого игольчатого берилла на кристаллах дымчатого кварца. Выработка Балагурова. 6×6×4 см

На кристаллах кварца нередко нарастают игольчатые кристаллы бледно-жёлтого берилла последней генерации (см. рис. 120).

Кристаллы кварца обычно представлены тёмно-дымчатыми разностями, ромбоэдрические головки которых нередко сложены тонкоритмичными зонами густого дымчатого цвета с сиреневым оттенком. Для некоторых кристаллов характерно чередование зон цитрина, дымчато-сиреневого цвета и дымчатого, проявляющихся в пластинках, вырезанных вдоль оси ***c***. Лишь в некоторых жилах (Миллионная, Белотопазовая, Новиковская, новая жила, вскрытая старателем Балагуровым на восточном склоне Сопки Лукавой), где слабо проявлены пострудные тектонические нарушения, кристаллы кварца свободны от корок железистой глины и сохранили первозданную чистоту граней. Большинство же их находится в бурой глине, состоящей из гетита, гидрогетита с примесью каолинита, диккита и гидрослюд. Поэтому основная масса кварцевого кристаллосырья жильного выполнения вследствие неприглядного вида выбрасывалась в отвал. Типичный пример только что вынутой грязной друзы показан на рис. 121 в руках добытчика по имени Зема, работавшего со старателем А. Кузнецовым.

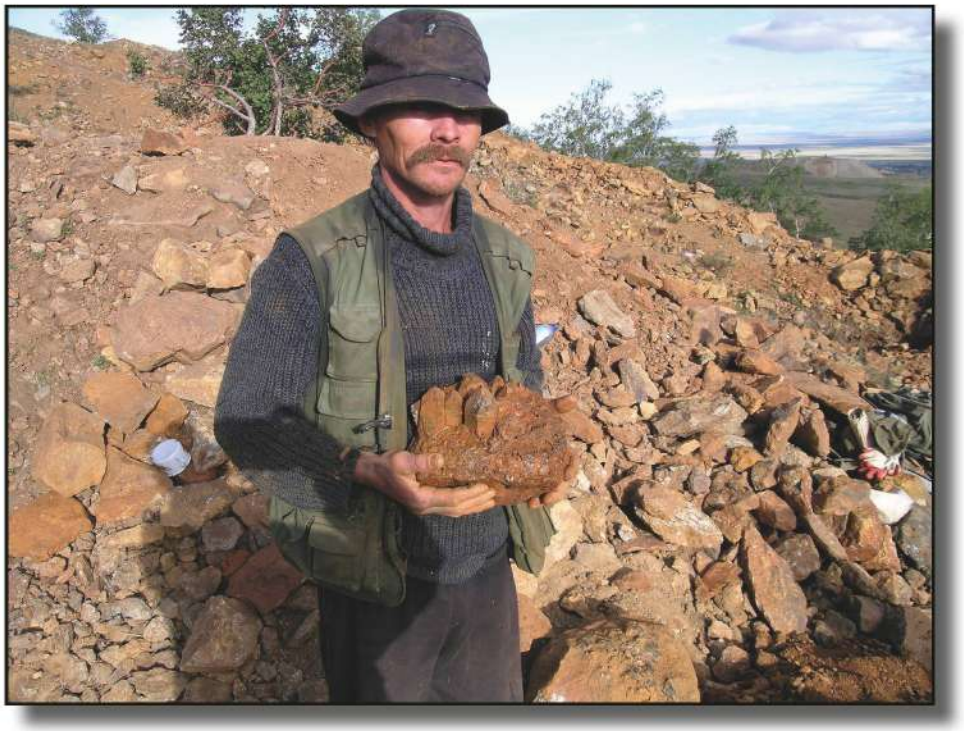


Рис. 121. Старатель Зема с только что вынутой друзой дымчатого кварца, покрытого глиной. 28×20×25 см

Кварц образует щётки на стенках жил (см. рис. 107). Как правило, ранние его генерации в жильных телах являются основанием для первых генераций берилла и топаза, но основная, продуктивная на ювелирный кварц, образуется после главной генерации берилла, но до топаза. Это хорошо видно на крупных штуфах. Лишь последние его генерации, нередко сложенные относительно прозрачными кристаллами горного хрусталя, светло-дымчатого, серо-сиреневого и лимонно-жёлтого цитринового цвета предшествуют последним генерациям берилла и топаза. Большинство поздних генераций дымчатого кварца включает игольчатые кристаллы турмалина или они, корродируя их, нарастают на них, образуя корки.

В жиле Кузнецова берилл-топаз-кварцевого состава с наложенной сфалерит-арсенопирит-кварцевой минерализацией наряду с дымчатым кварцем, обычным для продуктивных на ювелирные разновидности берилла, кварца и топаза, среди кристаллов поздних его генераций, представленных преимущественно светло-дымчатыми или почти бесцветными кристаллами, обнаружен фрагмент кристалла (образец ШГ-05/160) аметрина (см. рис. 71, *2*). Он (обр. ШГ-05/160) представляет собою фрагмент кристалла, с одного конца ограненный гранями призы m{1010}, большого r{1011} и малого z {0111} ромбоэдров, и залеченной дымчато-сиреневым и бледно-цитриновым материалом – с другого.

Длина его – 49 мм, рёбер грани призмы и большого ромбоэдра 17–23 мм, призмы и малого ромбоэдра – 7–9 мм. Кристалл покрыт почти непрозрачной коркой толщиной до 1,5–1,8 мм, состоящей из 3 слоёв. Непосредственно к поверхности кристалла прилегает слой мутного кварца, часто в виде уплощённых его кристаллов, толщиной 0,2–0,9 мм. На нём – слой гидроксидов марганца или железа, содержащих включения смикита-ссомольнокита, частично перекрытых слоем гети-

та-гидрогетита. Поэтому при первом взгляде такие кристаллы не привлекают внимание и детально не изучаются. Кристалл был разрезан тонким алмазным отрезным диском. Лишь после этого в нём удалось заметить зональность, необычную для кристаллов кварца Шерловой Горы.

На срезе шириной 23 мм при длине 29 мм в плоскости оси *c*, перпендикулярном граням призмы, кристалл имеет светлую четырёхцветную окраску, распределённую по 10 зонам роста: 1) внутренняя светло-дымчатая, 2) жёлтая, 3) сиренево-дымчатая, 4) жёлтая, 5) сиренево-дымчатая, 6) жёлтая, 7) светло-дымчато-сиреневатая, 8) жёлтая, 9) сиренево-дымчатая, 10) бесцветная.

В разрезах кристаллов, перпендикуклярных оси *c*, видна секториальность окраски как чередование секторов малого и большого ромбоэдров, типичная для аметрина. Но она проявлена не по всей длине кристалла, а только там, где чётко проявлена секториальность роста дымчатого аметиста. Она выражается в том, что на фоне дымчато-жёлтой (дымчато-цитриновой) выделяются изогнутые треугольные дымчато-сиреневые секторы аметиста, общий рисунок которой напоминает по форме стрекозу. Абсолютное большинство разрезанных кристаллов (около 30 штук) внешне дымчатого кварца (обр. ШГ-13/52, 13/51–5, 13/22 и др.) представляют собой дымчатый аметрин, в котором аметистовая окраска затушёвана дымчатой.

Аметриновая зональность затем была выявлена летом 2013 г. в большинстве разрезанных дымчатых кристаллов кварца из коллекции, собранной из жилы Балагурова. Иногда основное тело кристалла сложено дымчато-цитриновым материалом, в котором аметистовая составляющая слабо проявлена лишь при естественном освещении, невидима при сильном искусственном свете. В срезах, перпендикулярных оси *c*, видны треугольные дымчато-цитриновые и дымчато-аметистовые секторы роста. Аметриновая минерализация к настоящему времени известна преимущественно в кварцево-топазовых грейзенах в восточной части Шерловогорского гранитного массива. В подземных горных выработках щётки внешне дымчатого кварца находятся в узких полостях.

Сильная дымчатость, маскирующая в основном аметистовую составляющую аметринов, обусловлена постоянным присутствием не только в грейзенах, но и в топазах тория (0,1–13,5 г/т), урана (0,09–0,58 г/т) и ^{40}K в слюдах и полевых шпатах, обеспечивающих относительно высокую радиоактивность минералов, ассоциирующих с кварцем, содержащим изоморфные примеси алюминия и трёхвалентного железа. В водных вытяжках из жильного кварца присутствуют (мкг/кг воды) Th(1,45) и U(0,5) (Yurgenson e. a., 2010).

Дымчатость затемняет также и значительно лучше проявленную цитриновую окраску. Отжиг кристаллов, рекомендованный автору профессором В. С. Балицким, видевшим описываемые кристаллы в апреле 2013 г., позволил её улучшить: на спектрах в видимой и ИК-областях полосы поглощения цитрина стали чётче. Но попытки отжигом очистить аметистовую окраску от дымчатой составляющей пока не увенчались успехом.

Аметриновая зональность кварца связана со сменой оксилительно-восстановительных и кислотно-щелочных условий его кристаллизации на заключительных временах формирования продуктивных тел с камнесамоцветным сырьём Шерловогорского месторождения. Обилие, как выяснилось, аметистовых кристаллов обусловлено, с одной стороны, высокой фтористостью минералообразующих флюидов, обеспечившей вхождение железа в кварц и сдерживавшей вхождение в него только алюминия, с другой, – оптимальным содержанием железа. Дымчто-сиреневая окраска, как аметистовая, не зафиксирована ни на ЭПР-спектрах, снятых в МГУ В. С. Вяткиным, ни на спектрах поглощения в видимой области спектра. Эту задачу ещё предстоит решить.

Бесцветные слабоокрашенные внешние зоны ромбоэдрических граней кварца часто содержат включения игольчатого турмалина. Обломанные концы таких кристаллов обычно залечены кварцем белого цвета.

Вариации состава кварца онгонитов, согласно данным микрозондового анализа, находятся в широких пределах (%): O – 53,18–54,69, Si – 45,31–47,35, что свидетельствует о вакансиях как кислорода, так и кремния, что обеспечивает вероятность E-центров, ответственных за морионовую окраску кварца. Лишь в двух кристаллах с дефицитом кремния обнаружены примеси алюминия в количестве 0,63 и 0,47 %. При этом компенсаторы зарядов в виде натрия или лития не обнаружены.

Кварц последних генераций наиболее широко развит в пределах олово-полиметаллического месторождения Сопка Большая, где он выполняет пострудные трещины в виде корок, щёток и натечных форм халцедона.

Особенности условий образования ювелирных разностей минералов. Процесс формирования продуктивных ассоциаций начался с формирования наиболее ранних мелких кристаллов топаза и берилла в миаролах, возникших вследствие образования флюидной фазы (см. рис. 122). При этом температура находилась в пределах 730–590 °C. Аквамарин формируется в температурных пределах 460–410 °C, в интервале 400–360 образуются агрегаты сине-зелёного берилла и мориона, зелёный берилл и дымчатый кварц выделяются в интервале 350–250 °C, дымчатый аметрин, гелиодор и аметрин формируются в интервале 270–220 °C. Последним выделятся прозрачный горный хрусталь и аметрин, после которых может выделяться самая поздняя генерация игольчатого топаза и светло-жёлтого берилла.

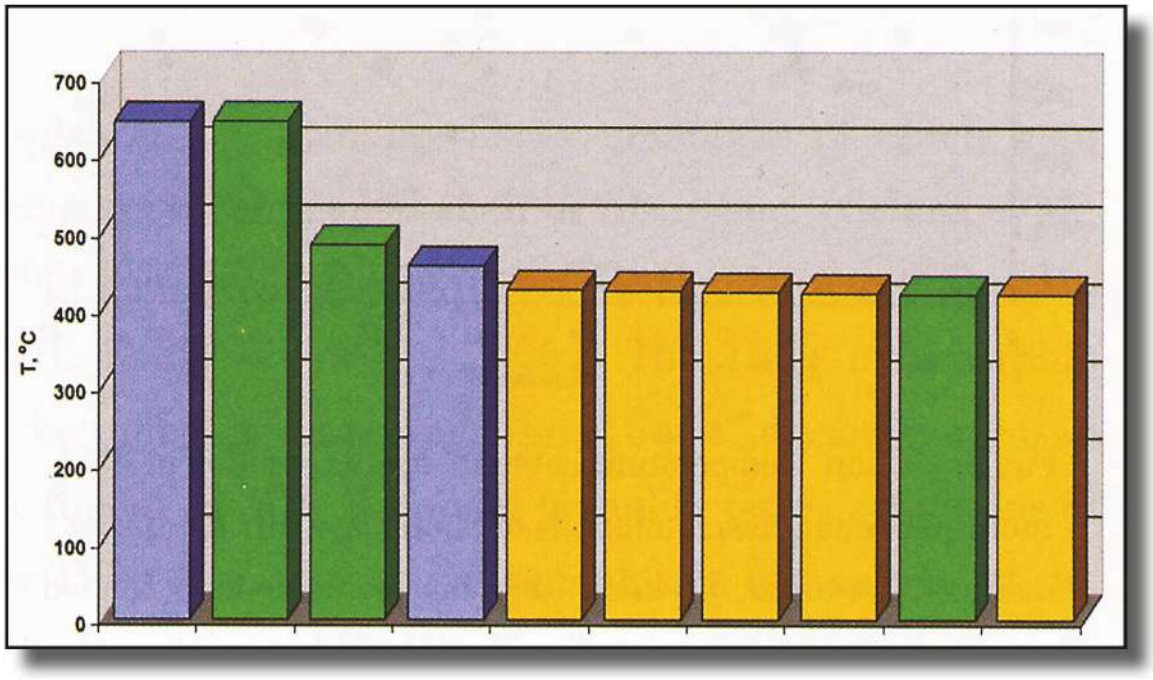


Рис. 122. Пределы температур образования главных минералов, обладающих качествами ювелирных камней Шерловой Горы. Топаз (сине-сиреневый), берилл (зелёный) и дымчатый кварц (жёлтый) [по: Yurgenson e. a., 2010]

Состояние запасов и ресурсов месторождения на камнесамоцветное сырьё. Общие цифры запасов берилла, полученные в разные годы экспедицией «Байкалкварцсамоцветы», сведены в табл. 20.

Таблица 20

Запасы сортового берилла на Шерловогорском месторождении (по состоянию на 01.01.1993 г.)

Участок	*Запасы, кг*			*Категория*
	всего	*фасетной огранки*	*кабошон и галтовка*	
Поднебесных, коренные	154	–	-	C_2
Россыпь	154,796	63,112	91,684	$C_1 + C_2$
Миллионная	68,5	2,287	65,213	C_1
Гелиодоровая	74,8	-	74,8	C_1
Всего	2048,296	65,399	231,697	

В связи с тем, что числящиеся запасы по отдельным участкам занижены, можно считать, что приведённые выше числа только в какой-то мере отражают действительность. В таблице не учтены данные старательских работ и самовольной добычи жителей Шерловой Горы, Борзи и приезжих старателей из других городов страны.

Если считать, что до 1980 г. включительно было добыто 2 364,11 кг ювелирного берилла (см. табл. 10), принимая во внимание, что ежегодно с 1960 по 1994 гг. старательским способом извлекалось от 0,5 до 10 кг (в среднем, 5,25 кг в год) кондиционного сырья и вывозилось за пределы области, то к этой цифре следует добавить ещё 232 кг, что составит 2 595,99 кг. С поправкой на данные об отправке в Петербург 30.06.1788 г. 995,2 кг аквамарина и на неучтённый материал, добытый при поисково-оценочных работах экспедиции «Байкалкварцсамоцветы», можно принять минимальную цифру добытого ювелирного берилла 3,6 т, что ставит Шерловогорское месторождение в первую десятку крупнейших месторождений этого сырья.

Общие скорректированные цифры оценки прогнозных ресурсов берилла-сырца (берилл, аквамарин, гелиодор) Шерловогорского месторождения по состоянию на 01.01.1998 г. (Юргенсон, 1998) даны в табл. 21.

Таблица 21

Прогнозные ресурсы берилла-сырца Шерловогорского месторождения

Объект	*Ресурсы по категориям, кг*				*Источник*
	P_1	P_2	P_3	*итого*	
Поднебесных	-	-	975	975	Сычев, 1980
Коренные	425	-	-	425	Кычаков, 1993
Россыпные	259	-	-	259	Данилов, 1993
Миллионная	-	450	-	450	Кычаков, 1993
Новая	322	-	-	322	Сычев, 1980
Проявления г.Мелехинской	-	255	-	255	Кычаков, 1993
Перспективные площади эндоконтактовой зоны	-	1018	-	1018	То же
То же в скрытых минерализованных телах	-	1811	-	1811	То же

Перспективные части прикупольной части	-	-	680	680	То же
Участок жилы Новиковской, коренные	-	71	-	71	Наши данные
Россыпные	-	1244	-	1244	То же
Участок Восточный, коренные	-	1825	-	1825	То же
Золотой Отрог, россыпные	-	1091	-	1091	То же
Северный и северо-восточный склон Сопки Обвинской	-	-	1698	1698	То же
Всего	10 006	7765	3353	12 124	

С учётом запасов берилла категорий C_1+C_2 в количестве 452,096 кг и ресурсов категорий $P_1+P_2+P_3$ в количестве 12 124 кг следует считать Шерловогорское месторождение важнейшим реальным источником ювелирного берилла в стране.

В связи с тем, что, как показано выше, на Шерловой Горе присутствует ювелирный топаз, в 1998 г. впервые произведена оценка его ресурсов. Учитывая соотношение частот встречаемости кристаллосырья топаза и берилла как 1 : 10, минимальные ресурсы топаза-сырца по категории P_1 учтены в количестве 100 кг, P_2 – 776 кг и P_3 – 330 кг, всего – около 1200 кг при выходе ограночных и других сортов 60 %.

С 1996 г. санкционированная добыча ювелирных и коллекционных камней на Шерловой Горе не ведётся. Тем не менее, местные жители постоянно собирают их с поверхности, из почвенного и подпочвенного слоя, извлекают из россыпей, а также разрабатывают известные и вновь открываемые ими продуктивные жилы открытым и подземным способом. Общее количество учтённой добычи ювелирного берилла, включая аквамарин, зелёный берилл и гелиодор, по состоянию на 2001 г. приведено в работе автора [Юргенсон, 2001] и по состоянию на начало 2016 г. составило примерно 2800 кг сортового камня. Шерловая Гора в августе 2016 г. обрела недропользователя. Это позволяет надеяться на научно обоснованную систематическую разработку месторождения. В связи с тем, что оно представляет собой уникальный объект, есть настоятельная необходимость в его пределах выделить участки, которым следует придать статус особо охраняемой территории. По состоянию на 01.01.2014 г. балансовые запасы берилла-сырца составляли 2312,50 кг, в том числе категории C_1 443,50 кг и C_2 – 1869,00 кг, сортового 282,60 кг, в том числе – категории C_1 133,60 и категории C_2 – 149 кг.

Анализ состояния изученности Шерловогорского месторождения камнесамоцветного сырья показал, что оно является одним из важнейших источников ювелирного берилла на территории России. Цветовая палитра этого ювелирного камня (аквамарин, гелиодор, зеленый берилл различных оттенков, включая изумрудно-зелёный) чрезвычайно широка. Выход сортового камня из общей массы камня-сырца составляет 12,4 %. Запасы числятся только по бериллу, являющемуся основанным камнесамоцветным сырьём. Однако опыт изучения месторождения в последние годы показал, что важными сопутствующими камнями являются топаз и широкий диапазон разновидностей горного хрусталя (морион, дымчатый кварц, горный хрусталь, аметрин).

Месторождение на протяжении 24 лет (1993–2016 гг.) безлицензионно разрабатывается местными жителями. Сырьё вывозится за пределы Забайкалья. Оно является для многих из жителей Шерловой Горы единственным источником дохода. Ежегодно вывозится до 10–12 кг (50–60 тыс. карат) превосходного ограночного материала. Будучи огранённым на территории Забайкальского края и оправ-

ленным в драгоценные металлы, этот объём камней мог бы существенно увеличить доходную часть бюджета края (объём производства может быть до 300 000 долл. США ежегодно). Кроме того, как берилл, так и топаз и горный хрусталь, будучи обработанными, могут быть существенной частью дохода. Ресурсы камнесамоцветного сырья (включая берилл, топаз и горный хрусталь) в пределах Шерловогорского месторождения в результате проведения специальных исследований могут быть увеличены до 22 000 кг.

6.3. Перспективные проявления ювелирных берилла, топаза, цветного турмалина и горного хрусталя

6.3.1. Месторождения и проявления Борщовочного хребта

В пределах Борщовочного хребта активная добыча самоцветов началась с 1839 г. и продолжалась с переменным успехом до 50-х гг. XX в. Пегматитовые поля борщовочных гранитов рассматриваются в рамках Западно-Борщовочного блока Аргунской зоны согласно представлениям составителей Геологической карты Читинской области масштаба 1 : 500 000 [Геологическое строение... , 1997]. В пределах этой территории были открыты и отработаны сверху 33 месторождения, локализованных в Кангинском, Буторихинском и Шивкинском пегматитовых полях. Кроме того, в северо-восточной части Борщовочного хребта находится Дунаевское, а также Кур-Куринское пегматитовое поле, в котором известны Кур-Куринский Утёс (Кур-Кура), Смородинное, водораздел падей Россыпистая и Кур-Кура, Кокертайское и миароловые пегматиты с лепидолитом и клевеландитом (Россыпистая падь, Слюдянское).

На территории Борщовочного хребта берилло- и топазоносные пегматиты известны с прошлого века, когда рудознатец Кривоносов в 1830 г. нашёл первые аквамарины и топазы [Ферсман, 1949; Юргенсон, 1991, 2001; Юргенсон, Горячкина, 2003]. Среди кристаллов топаза «с Урульги», как восторженно писал о них академик А. Е. Ферсман, встречались экземпляры, которые дарили «…материал, красоту которого трудно описать» [Ферсман, 1962]. Облик типичных «урульгинских» бериллов дан на рис. 15.

Известно описание кристаллов топаза Борщовочного кряжа А. Д. Озерским [1846]: длина между оконечностями острых углов – 26,67 см, ширина между тупыми углами – 17,14 см, высота – 13,34 см, вес – 10,5 кг. Самые крупные кристаллы серо-жёлтого и винно-жёлтого цвета добыты из миарол пегматитов Дорогого Утёса. Они хранятся в Горном музее Санкт-Петербурга и весят до 13,1 кг. Один из них имеет высоту до 28,5 см (см. рис. 49) и массу 10,6 кг. Кристалл добыт в 1859 г. и преподнесён в 1860 г. М. Д. Бутиным Александру II, который за это наградил дарителя бриллиантовым перстнем, а впоследствии и орденом Св. Анны III ст.

История открытия и отработки пегматитов Борщовочного хребта в досоветский период рассмотрена выше (см. раздел 4.2).

Основные результаты изучения и добычи камня в XX в. В 1922 г. А. Е. Ферсман разработал первую формационно-генетическую классификацию пегматитов Бощовочного кряжа [Ферсман, 1940, 1962]. Им впервые было выделено пять типов пегматитов, из которых IV и V типы, относящиеся, соответственно, к микроклин-мусковитовым с шерлом, бериллом и топазом и микроклин-альбит-лепидолитовым с цветным турмалином и литий-цезиевым бериллом, являются продуктивными на драгоценные камни. Из них IV тип выделен как перспективный на ювелирные берилл (аквамарин), топаз и горный хрусталь, а V тип – на цветной

турмалин, воробьевит и горный хрусталь. Отличительной чертой последнего является широкое развитие голубого клевеландита, по составу часто отвечающего альбит-олигоклазу или олигоклазу.

Интенсивное изучение пегматитов Борщовочного кряжа возобновляется в 1928 г. с целью оценки их на редкометалльное, а затем – пьезооптическое (А. Д. Лисовский, Ю. М. Шейнман, К. К. Матвеев) сырьё. Потребность страны в пьезосырье резко возросла с развитием радиотехники, военной и оптической промышленности. Прежде всего, это относилось к пьезокварцу и пьезотурмалину. Последний использовался в качестве датчика радиочастот на метровых диапазонах и давления в подводных системах. Плановое изучение пегматитов Забайкалья, включая Борщовочный кряж, проводилось с начала 30-х гг. (Л. М. Ракитин, 1932, С. П. Ершов, 1933, П. Я. Кулле, 1933; Г. В. Меркулова, 1933, 1938) до конца 50-х гг. (Л. Н. Черник, 1956; Сусликов, 1959; Татаринов и др., 1970; Яцко, 1973 и др.). Работы велись, прежде всего, на объектах, известных с прошлого века (Савватеевское, Моховое, Кангинское, Гремячее, Золотая Гора, Киберевское, Пешковское, Лесковское и др.). Г. В. Меркулова и С. П. Ершов дали отрицательную оценку пегматитам Борщовочного кряжа на пьезокварц. Исключение составили лишь жилы Каменной стрелки и им подобные. На пьезотурмалин были признаны перспективными пегматиты Кангинского и Савватеевского месторождений, а также Мохового и Гремячего. Эти работы проводились Всесоюзным трестом «Русские самоцветы».

Лабораторией академика А. В. Шубникова (1938) определено, что наиболее высокими качествами, как пьезосырьё, обладают зелёные турмалины, которые преимущественно развиты в жиле Главной Кангинского месторождения и на нижних горизонтах Савватеевского. Одновременно с изучением пегматиты и отрабатывались. Извлекался горный хрусталь, турмалин и ювелирные бериллы, но по признанию Г. В. Меркуловой (1938), на последние не обращалось должного внимания, так как основной задачей была добыча пьезосырья. Поэтому она справедливо считала, что ресурсы пегматитов Борщовочного кряжа на ювелирные бериллы, аквамарин, топаз, горный хрусталь далеко не исчерпаны. В 1946 г. Забайкальская партия треста «Союзспецразведка» под руководством А. И. Гинзбурга проводила ревизию на редкие земли пегматитов Кангинского и Завитинского (падь Сухая, падь Сиреневая), а также Буторихинского и Шивкинского полей (Савватеевское, Золотая Гора, Киберевское, Дорогой Утёс, Тулун и др.). А. И. Гинзбург пришёл к выводу о бесперспективности пегматитов на редкие земли и рекомендовал продолжить их оценку на ювелирные камни.

В 1954–1955 гг. Л. Н. Черник (ЧГУ) изучала пегматиты Буторихинского, Шивкинского и Кангинского полей. Ею были установлены новые жилы в пределах Тулунского и Стрелкинского участков, Кангинского поля. Она дала отрицательную оценку на пьезокварц, пьезотурмалин и ювелирные камни большинству пегматитовых тел за исключением установленной ею жилы № 2 Тулунского участка и проявления Стрелка-2. В целом она пришла к выводу о том, что рентабельной может быть одновременная добыча всего комплекса полезных компонентов. В 1958–1960 гг. пегматиты Борщовочного кряжа вновь стали объектом изучения, но теперь уже Забайкальской экспедиции 6-го Главного управления МГ и ОН СССР. В. А. Сусликовым и Э. Н. Пушкиной обследованы пегматиты северо-западных его склонов на пьезокварц и сырьё для спецплавки, но положительных результатов не получено. В это же время (1954–1961) проведены ГСР-200 в бассейнах р. Унда, Газимур, Борзя, Турга (Авдонцев, 1954) и ГСР-50 в бассейне р.Унда (В. Д. Белоусов и Л. М. Алферьев).

В 1967–1970 гг. Читинский отряд Восточно-Сибирской ПРП треста «Цветные камни» в связи со снижением требований к качеству кристаллосырья приступил к систематическому изучению миароловых пегматитов Борщовочного кряжа

(А. В. Татаринов, Ю. И. Тулугуров и др., 1969, 1970, 1971). В результате был переоценен ряд проявлений. К перспективным на рубеллит, верделит, пьезотурмалин, полихромный турмалин отнесены жилы 1 и 2 пади Сухая; жила 48 проявления Моховое; на аквамарин и топаз – проявление Жердовая; на берилл, топаз и рубеллит – жила 1, гора Ланцова. Получены новые данные по геологическому строению Борщовочного пегматитового пояса, уточнена классификация пегматитов, выделены перспективные площади и разработан комплекс критериев для выделения продуктивных зон.

Читинским геологическим управлением в 1973 г. проведены ревизионно-поисковые работы на цезий в пределах Кангинского поля (участок пади Сухой), которые сопровождались геохимическим опробованием на элементы-индикаторы лепидолитово-рубеллитового подтипа микроклиново-альбитовых пегматитов, перспективных на цезий, рубидий, цветной турмалин, топаз и берилл. Все изученные объекты оценены на редкие щелочные металлы как перспективные или с неясными перспективами. Тем не менее, оценка на цветные камни не была дана. Для территории Борщовочного кряжа в 50–60-х гг. XX в. были составлены кондиционные геологические карты масштаба 1 : 200 000 [Тулохонов, Шенфиль, 1962; Лавров, Сидоренко, 1964], но существенных изменений в представлениях о перспективах её на цветные камни не произошло. В 1981–1986 гг. ПГО «Читагеология» проводило ГСР-50 на рассматриваемой территории. В этих работах (С. П. Шубкин, Е. А. Беляков и др.) дан анализ состояния её изученности на цветные камни и определены высокие перспективы. В 1992 г. ГГП «Читагеология» (А. В. Колосков, Ю. Н. Бугров, 1994) проводило ревизионные поисковые и посково-оценочные работы на камнесамоцветное сырьё в пределах Буторихинского (жилы 1 участка Жердовая, участка Каменная стрелка, Солонечная, Дормахинский Утёс, Золотая Гора, Стрелка-1 и 2, Широкая, Душная, Подберёзовое, Тулун, Кулинда, Киберевские копи, Киберева Гора), Кур-Куринского (Смородинная, Россыпистая), Шивкинского (Моховое, Гремячее, Савватеевское), Завитинского (г.Боец, Земляные Ворота, Змеиная, Сиреневое), Кангинского (падь Сухая, жилы 1, 2 и 5). К числу перспективных отнесены жила-1 участка Жердовая, Каменная Стрелка, Дормахинский Утёс, Золотая Гора, Стрелка-1 и 3, Подберёзовое, Тулун, Киберевские копи, Киберева Гора, Смородинное, Россыпистая. К объектам с неясными перспективами отнесены Солонечная, Боец, Сиреневое. А. В. Колосков в 1994 г. пришёл к выводу, что изученность пегматитов удовлетворительная только для водораздельных частей Борщовочного кряжа, где значительная часть тел обнажена. Закрытые территории изучены недостаточно. Низкая результативность ГРР на камнесамоцветное сырьё, по А. В. Колоскову, связана с подходом к нему как к попутному компоненту, низкими ценами на него и высокими требованиями к качеству. Действительно, цены на ювелирные камни в сырье в Советском Союзе были значительно ниже мировых.

Факторы размещения и критерии поисков и оценки миароловых пегматитов Борщовочного кряжа. Анализ данных А. Е. Ферсмана [1940], Е. Я. Киевленко [1982], А. В. Татаринова [1975], В. Е. Загорского и И. С. Перетяжко [1992], а таже наших данных 1980–1995 гг. показал, что в целом критерии поисков и оценки вероятной продуктивности на цветные камни пегматитов Борщовочного кряжа в принципе не отличаются от применяемых в других регионах мира. Геологические критерии включают магматические, литологические, структурно-тектонические и геодинамические факторы, контролирующие размещение пегматитовых полей и составляющих их пегматитовых тел и сообществ.

Магматические и литологические факторы проявляются в пространственной и генетической связи миароловых пегматитов с лейкократовыми и ультракислыми аляскитовыми гранитами, обогащёнными щелочными металлами. С порфи-

ровидными гранитами, находясь в их центральных апикальных частях, связаны мусковитово-бериллово-топазовые пегматиты, с которыми связана основная масса бериллового и топазового кристаллосырья.

Лепидолитово-рубеллитовые пегматиты локализованы в зонах эндо-экзоконтактов этих гранитов, а мусковитово-верделитовые находятся на значительном удалении от них, в толще амфиболитов и амфиболовых кристаллических сланцев и связаны с невскрытыми эрозией самостоятельными телами (или куполами) гранитов.

В распределении рассматриваемых подтипов пегматитов существует латеральная и вертикальная зональность, сводящаяся к нижеследующему: а) мусковитово-бериллово-топазовые миароловые пегматиты (равно как и камерные, обогащённые горным хрусталём) находятся непосредственно в гранитах и относятся к типично внутриинтрузивным (внутригранитным); б) лепидолитово-верделитово-рубеллитовые находятся в зоне перехода от гранитов к вмещающей их гнейсово-сланцевой толще и потому обогащены биотитом; в) типичные мусковитово-верделитовые с бериллом (но без топаза) находятся исключительно во вмещающих горных породах.

Структурно-тектонический фактор сводится к влиянию прототектоники горных пород субстрата на процессы магматической активизации, обусловливающие как формирование самих магматических тел, так и вероятность сохранения остаточных расплавов и их локализацию в пределах гранитных массивов или перемещение в породы кровли, которое контролируется зонами растяжения. К внутригранитным пегматитам относятся кварцево-полевошпатовые, мусковитово-берилловые, мусковитово-бериллово-топазовые. К ним же А. В. Татаринов [1975] относит и биотитово-шерловые и лепидолитово-рубеллитовые (без сподумена). Отнесение к внутригранитным двух последних разновидностей условно, так как они находятся чаще всего на переходах, в зонах взаимодействия гранитов и вмещающих их гнейсово-сланцевых толщ. К внегранитным относятся мусковитово-верделитовые и лепидолитово-рубеллитовые, содержащие сподумен, нередко (Канакан, Гурсалак в Афганистане, Полиминеральная в Завитинском поле) представленный кунцитовой или гидденитовой разновидностями. Пространственная зональность пегматитовых поясов и полей заключается в том, что в осевой более эродированной части Борщовочного плутона (Кычаков, 1993), особенно юго-западной и юго-восточной, где находится Буторихинское пегматитовое поле, локализованы пегматиты, перспективные на ювелирные и поделочные разновидности горного хрусталя. Пегматиты с ювелирным турмалином развиты преимущественно в надынтрузивной зоне и в краевых частях плутона в эндоконтактовых зонах массивов порфировидных гранитов.

Структурно-тектонический фактор выражается и в том, что большинство пегматитовых месторождений турмалина, берилла, топаза приурочены к поперечным тектоническим нарушениям [Татаринов, 1975]. Указанные выше факторы размещения пегматитов с драгоценными камнями используются и в качестве прогнозно-оценочных критериев территории на камнесамоцветное сырьё, связанное с миаролоносными пегматитами. К числу прямых поисковых критериев относятся геохимические ореолы с повышенными концентрациями бериллия, фтора, цезия, рубидия, олова, тантала, а также аномалии ^{40}K, урана и тория. Важным оценочным критерием продуктивности пегматитов является их дифференцированность, наличие полостей, раздувов, апофиз, смена трёх-четырёх типов структур в одном теле. Важнейшим морфологическим признаком продуктивности, особенно лепидолитово-рубеллитовых пегматитов, является субизометричное сечение в раздувах, что указывает на возможность развития трубообразных полостей.

В пределах Борщовочного хребта основная масса пегматитовых тел связана с гранитами крупной северо-восточного простирания Борщовочной интрузии, в состав которой входят условно выделяемые (с юго-запада на северо-восток) Буторихинский, Шивкинский, Дунаевский и Кур-Куринский массивы с одноимёнными пегматитовыми полями. Два первых находятся на территории листа M-50-III, и с ними связаны главные, наиболее продуктивные группы пегматитовых жил. Остальные находятся на листах M-50-IV и N-50-XXXIV, частью N-50-XXXIII. Форма массивов – куполовидная. Они окружены мигматизированными сланцами и гнейсами. Краевые части массивов сложены преимущественно биотитовыми и аляскитовыми гранитами, а центральные – порфировидными аляскитовыми, лейкократовыми и, в меньшей мере, – биотитовыми. Характерна пестрота окраски и состава. В краевых и приконтактовых частях широко развиты граниты, обогащенные биотитом (до 20 %) и плагиоклазом № 38 [Лавров, Сидоренко, 1964]. Кварц ксеноморфен. Особенностью гранитов является чрезвычайная неравномерность распределения вкрапленников микроклина (от 5 до 30 % объёма породы). Величина от 0,5×1,0 до 4×8 см. Характерно: в северо-восточной части Борщовочной интрузии более распространены меланократовые разности, что связано с обилием различного состава и размеров ксенолитов вмещающих пород, а в юго-западной части, где ксенолитов значительно меньше и размеры их также уменьшаются, граниты относительно однообразны и имеют лейкократовый облик. Как полагают М. М. Лавров и Л. П. Сидоренко [1964], это связано с большей эродированностью юго-западной части интрузии. Характерно также, что с приводораздельной зоной именно этой части интрузии связаны наиболее продуктивные пегматиты Буторихинского поля. Тем не менее, главная масса миароловых пегматитов обнаружена в апикальных частях гранитов, там, где присутствуют небольшие ксенолиты сланцев, гнейсов, амфиболитов и мраморов. На территории Борщовочного кряжа, площадь которого составляет примерно 4000 км^2 (160×25 км), насчитывается более 2000 сравнительно крупных по размерам пегматитовых тел, залегающих среди пород разного возраста и происхождения. Из этого количества примерно в 5 % тел установлены миароловые пустоты и друзовая минерализация. Они объединяются в два пегматитовых пояса – Борщовочный и Ингодинско-Шилкинский. В Борщовочном традиционно выделяют Буторихинское, Шивкинское, Кур-Кургинское и Дунаевское пегматитовые поля.

Буторихинское поле занимает площадь между падями Рассошиха, Загдача, Урульга, Левое Пешково и Мельничная. Здесь находятся преимущественно крутопадающие жилы северо-восточного простирания с относительно большим эрозионным срезом.

Шивкинское поле ограничено р. Шилка, Борщовочным разломом, падями Кулинда и Левое Пешково. В этом поле пегматитовые тела преимущественно развиты в экзо- и эндоконтактовых зонах Шивкинского гранитного массива. Пегматиты Кур-Куринского поля, занимающего северо-восточный фланг пояса, концентрируются в провисах пород кровли Борщовочного плутона. Дунаевское поле занимает южную часть северо-восточного фланга и тяготеет к верхне- и надинтрузивным частям Борщовочного плутона.

В Ингодино-Шилкинском поясе исследователи выделяют Завитинское и Кангинское пегматитовые поля, рассмотренные выше.

Параметры известных пегматитовых жил. Большинство пегматитовых жил Борщовочного кряжа прослежены по простиранию от 20 до 150 м. Лишь около 30 % известных жил прослежены на 200 и более. При этом максимальная длина (300 м) определена для одной из жил пади Семёновой (или участка Стрелка). Мощность жил варьирует от 0,5 до 10 м, составляя в среднем 0,9–4,0 м.

В *Завитинском поле* на стрелке падей Левая Завитая и Правая Завитая находится Стрелкинская группа из девяти жил миароловых пегматитов. Мощность их варьирует от 2–3 до 15–20 м при протяжённой длине от 15–20 до 100–150 м. В полостях блоковой зоны описаны кристаллы мориона. Берилл распространён широко. Выделяют три его разности: 1) непрозрачный желтовато-зелёный в участках жил с пегматоидной структурой с величиной кристаллов 1–3 см и крупные кристаллы в крупноблоковом пегматите; 2) голубоватый от 1–3 до 8–10 см в длину в сподуменовых пегматитах; 3) трещиноватые до катаклазированных кристаллы до 10–15 см в длину в зонах с клевеландитом.

Кроме того, здесь известен воробьевит от почти бесцветного до ярко-розового в парагенезисе с лепидолитом и ростерит в ассоциации с поздним альбитом, кварцем и мусковитом. Объект, безусловно, требует самой внимательной оценки на ювелирное и коллекционное сырьё.

Кангинское пегматитовое поле как объект на камнесамоцветное сырьё известно с прошлого века [Ферсман, 1962]. Верхне-Кангинское проявление (падь Сухая) представлено шестью пегматитовыми жилами миароловых пегматитов мусковитово-верделитового типа, основным полезным компонентом которых является зелёный турмалин – верделит. Светло-зелёный берилл находится в зоне сахаровидного альбита и существенного значения как ювелирное сырьё не имеет. Из минералов группы берилла здесь развит воробьевит, ассоциирующий с альбитом, лепидолитом, верделитом. Присутствует бесцветный топаз. О качестве и количестве воробьевита данных нет. Возможность его добычи связана с отработкой жил на цветной турмалин.

Берилл и топаз отмечаются также в других проявлениях пегматитовых жил Кангинского поля: в Блоковом, Скалистом, Северном и Утёсовом. Все объекты на ювелирное сырьё не изучались. Три последних, как и падь Сухая, относятся к камерным (Утёсовое и Скалистое) либо миаролоносным (Северный) пегматитам, наиболее перспективным на ювелирные камни.

Буторихинское поле. В пределах Буторихинского поля мусковитово-бериллово-топазовых пегматитов, включающего участки Золотая Гора, Киберевские копи, Тулун, Кулинда, Пешковское и др., известны 54 жилы, но лишь для части из них имеются данные по морфологическим параметрам самих жил и их продуктивным зонам. Длина продуктивных зон этих жил варьирует от 11 до 90 м (среднее 47 м). Мощность продуктивной части в них варьирует в пределах 0,27–2,2 м (среднее 1,2 м).

Среди миароловых пегматитов, продуктивных на цветные камни (берилл, топаз, турмалин, дымчатый горный хрусталь, графический пегматит, коллекционный материал), по преобладающим друзовым парагенезисам А. В. Татариновым выделено шесть типов. Название каждого типа не только отражает минеральные особенности пегматитовых тел, но и характеризует промышленную специализацию пегматитов на тот или иной вид кристаллосырья. В группе бериллоносных миароловых пегматитов выделяются: 1) микроклиново-мусковитово-берилловые, 2) микроклиново-мусковитово-бериллово-топазовые, 3) микроклиново-альбитово-бериллово-топазовые.

Именно микроклиново-альбитовые миароловые разности берилловых и бериллово-топазовых пегматитов наиболее продуктивны на берилл и топаз. Микроклиново-альбитовые разности могут быть с лепидолитом и без него. Как правило, лепидолитсодержащие пегматиты продуктивны также и на воробьевит. Здесь же встречаются рубеллит и полихромный турмалин. В этих случаях развитие топаза ограничено, и содержание его в лепидолитовых парагенезисах ничтожно. Среди микроклиново-альбитовых бериллсодержащих миароловых пегматитов выделяются мусковитово-верделитовые.

Типичными представителями микроклиново-мусковитово-берилловых пегматитов являются пегматиты, называемые Семёновскими копями Буторихинского поля. К ним относятся пегматиты пади Тулун, Золотая Гора, Широкая, Кулинда, Душная и др.

На месторождении Тулун промышленное значение имели две пегматитовые жилы, мощность их – 0,1–1,5 м, в раздувах – 3–5 м, протяжённость – до 36 м. Зональность выражается в развитии трёх зон: аплитовидного гранита, графического пегматита и блоковой зоны, в которой находились морион, берилл, шерл, топаз. Из миарол жилы N 25 выбрано около 100 кг морионов и 14 кг полупрозрачных светло-зеленых аквамаринов. Месторождение не считается отработанным, так как разведка с попутной добычей проводилась только поверхностными горными выработками без бурения. О. И. Широким при посещении месторождения в одном из шурфов найден коричневый кристалл раухтопаза до 15 см по оси *c*, фотография которого представлена в работе автора [Юргенсон, 1991].

Месторождение Золотая Гора охватывает десять жил миароловых микроклиновых кварцево-бериллово-топазовых пегматитов, находящихся в порфировидных биотитовых гранитах. Мощность жил – 0,4–1,0 м, до 2–3 м, протяжённость – до 13 м. Жилы зональные, миаролы с кристаллами мориона, берилла, в том числе аквамарина, топаза, находятся в блоковой зоне, являющейся продуктивной. Часть кристаллов сохранилась на стенках миарол. Основная масса отделившихся от стенок кристаллов находится в железистой глинке. В одной из жил добыто 5 т кристаллосырья.

К жилам Золотой Горы периодически возвращались на протяжении полутора столетий: в 1853 г. в одной из миарол найдены прекрасные, идеально прозрачные топазы [Лавров, Сидоренко, 1964], в 1958 г. закончена отработка жил карьерами глубиной не более 8 м. В 1961 г. работы на пьезосырьё завершила Западно-Борщовочная партия под руководством В. А. Сусликова. Однозначного вывода по полной выработанности жил нет, так как нет оценки их на глубину. Она возможна только бурением.

Пегматитовые жилы проявления Стрелка (падь Семёнова) являются близким аналогом Золотой Горы, но масштабы его меньше. Во время посещения пегматитов пади Семёновой автором в стенках выработок найдены щётки кристаллов мориона, вырастающих непосредственно из ихтиоглиптов дымчатого кварца и мориона графической зоны. Кристаллы до 1,0–2,0 см по оси *c* и до 0,6–1,2 см по оси *a*. В щелях в письменном граните найден «обсосанный» кристалл аквамарина до 3 см в длину и 1,2 см в поперечнике. В нём по поперечным трещинам выделяются три ограночные зоны. Одна из них 1,2×1,1×1,3 см. Найдены были также обломки бесцветного топаза чистой воды и мориона. Известно, что в миаролах этих жил находили густо-жёлтые топазы.

К этой же группе пегматитовых жил относится проявление Кулинда. Оно представлено 22 телами пегматитов и 3 кварцевыми жилами. Мощность пегматитовых жил – 0,15–1,0 м. В графической зоне в щелевидных и линзовидных полостях встречаются кристаллы микроклина, шерла, берилла, топаза, горного хрусталя и мориона. Минералы группы кварца преобладают. Пегматиты изучались и эксплуатировались П. А. Кулле в 1933 г. на пьезокварц (ЦНИГРИ) и Г. В. Меркуловой в 1934 г. Большинство исследователей оценивают объект на ювелирный берилл и топаз как бесперспективный. Если пегматиты Кулинды и Стрелки (падь Семёнова) сопоставить, то у них много общих черт. Оба объекта отработаны только с поверхности, и возможность находок ювелирного берилла и топаза не исключена при изучении жил на глубину.

К рассматриваемой группе пегматитов пространственно и по минералогенетическим признакам тяготеют пегматиты пади Широкая. Они локализованы в гранитах, зональны (зоны аплитовая, графическая, блоковая с миаролами), мощность жил – 2–3 м. Миаролы с морионом, микроклином, реже – бериллом и топазом, находятся в блоковой кварцево-полевошпатовой зоне, либо образуют осевую часть жилы.

К этой же группе относятся и пегматиты на горе Душной, в правом борту пади Семёновой, где среди порфировидных биотитовых гранитов находятся около 40 микроклиновых миароловых пегматитовых тел, которым присущи признаки как мусковитово-берилловых, так и биотитово-шерловых. Мощность жил – от 0,5–1,0 до 3–5 м в раздувах, протяжённость – 30–40 м. Жилы симметрично-зональные, в некоторых сформировано и кварцевое ядро. К кварцевым ядрам приурочены полости величиной 1,5×1,5×2,0 и 6,0×0,5×2,0 м, выполненные кристаллами мориона, берилла, шерла. Берилл – голубовато-зелёный, зеленовато-голубой. Морион – кристаллы 4–10 см по оси *a*, до 10–55 см по оси *c*. Общий вес добытого кристаллосырья составил 1 300 кг. Объект, безусловно, перспективен. Необходимы поиски наиболее продуктивных тел, попутная комплексная отработка на берилл, морион, графический пегматит и коллекционные друзы.

В Буторихинском поле, как видно из изложенного, развиты преимущественно кварцево-полевошпатовые пегматиты подформации микроклиновых миароловых пегматитов.

В какой-то мере особняком генетически и пространственно находится Пешковское месторождение. Оно характеризуется развитием мусковита, альбита и лепидолита и может быть отнесено к лепидолитово-рубеллитовому и отчасти – к биотитово-шерловому виду. Гипсометрически оно располагается выше типичных кварцево-микроклиновых пегматитов пади Семёновой (Стрелка), и поэтому, вероятно, здесь интенсивнее проявлены процессы альбитизации и развит лепидолит. На небольшом участке (1–2 км^2) в порфировидных биотитовых гранитах известно множество пегматитовых жил и тел, которые не всегда имеют резкие контакты с гранитами, содержащими иногда миароловые пустоты. В отвалах старательских работ присутствует светлый золотистый кварц. По архивным данным, добывались полихромные турмалины, воробьевит, топаз, гранат. Отнесение этой добычи к 1931 г. М. М. Лавровым и Л. П. Сидоренко, вероятно, ошибочно. Скорее всего, это было в 1851 г.

К востоку от рассмотренной группы пегматитовых месторождений находятся пегматиты, исторически получившие название Киберевских копей в связи с тем, что часть продуктивных на аквамарин и топаз, отчасти и на цветной турмалин, и ювелирный кварц, находится в верховьях пади Киберевой. Эта группа объединяет участки Киберева Гора, Стрелка, Сухолесная Гора, Дорогой Утёс, Гора Солнечная и др.

Пегматитовые тела мусковитово-бериллово-топазового типа залегают в порфировидных гранитах, нередко вблизи контакта борщовочных гранитов с метаморфическими породами. Мощность жил – от 1,8 до 4,0 м. Вскрытая протяжённость – от первых десятков до первых сотен метров. Самая крупная из жил имеет в длину до 230 м при мощности в раздувах до 20 м. В большей части жил вскрыта графическая зона, содержащая обособления крупноблокового пегматита, в которых, либо тяготея к которым, находятся занорыши с кристаллами микроклин-пертита, альбитизированного микроклина, дымчатого кварца, берилла, топаза, иногда – клевеландита, изредка – турмалина, лепидолита. В участках альбитизации, если она проявлена, альбит иногда ассоциирует с лепидолитом. В отдельных жилах встречаются субсферические обособления лепидолита, содержащие включения светло-коричневых до жёлтого кристаллов спессартина.

Берилл преимущественно представлен светло-зелёной разностью либо голубовато-зелёным и зеленовато-голубым аквамарином. Окраска топазов – густая винно-жёлтая, жёлтая, бледно-жёлтая и золотистая [Киевленко и др., 1982]. Здесь же были добыты и кристаллы розового турмалина. В 1984 г. автором в отвалах старых работ найден кристалл густо-зелёного турмалина и бледно-голубого топаза 2 см длиною. Из жил в Дорогом Утёсе и Киберевой Горе добыты кристаллы топаза массой до 14 кг. Именно эти месторождения дали самые крупные исторические камни, которые в середине прошлого века привлекли внимание к Борщовочному кряжу.

Рассмотрим некоторые конкретные объекты, относящиеся к Киберевским копям.

Месторождение Киберева Гора относится к формационному виду, переходному от типичных мусковитово-бериллово-топазовых пегматитов к миароловым микроклиновым с клевеландитом и лепидолитом. Здесь три субпараллельных пегматитовых жилы линзовидной формы мощностью 1,8–4,0 м и протяжённостью от десятков до первых сотен метров залегают в порфировидных биотитовых гранитах вблизи контакта с гнейсами. Жилы симметрично-зональны. Наиболее проявлена блоковая зона, содержащая альбитово-клевеландитово-лепидолитовый комплекс, к которому в основном приурочены миароловые полости с друзовым комплексом. Щелевидные и эллипсоидальные полости достигали величины до 1 м и более по длинной оси. В двух местах в 30-х гг. вскрыты новые щелевидные полости шириной 0,2–0,4 м, в которых найдены друзы и обломки кристаллов микроклина, мориона, топаза, берилла, розового турмалина и, очень редко, – аметиста. В друзовых полостях встречаются также спессартин с оторочками лепидолита, циннвальдита и типичный «барботов глаз» до 1 см в диаметре. Лепидолит встречается в виде крупных фиолетовых пластин, представляющих собой прекрасный коллекционный материал, и в мелкочешуйчатых агрегатах сиреневого цвета. Здесь встречаются коллекционные образцы, сложенные полуцилиндрами расщеплённых кристаллов микроклина второй генерации, выполняющих роль субстрата, с рядами короткостолбчатых прозрачных кристаллов ростерита (2–3 мм по оси *a* и до 4 мм по оси *c*), фиксирующих, согласно принципу Кюри, единую симметрию кристаллического поля минералообразующей среды, гребнями желтоватого клевеландита и однообразно ориентированными в пространстве псевдогексагональными табличками бледно-зеленовато-жёлтого жильбертита. По данным архивов, А. Е. Ферсмана [1962], Е. Я. Киевленко и других [1982], В. М. Смертенко [Методические... , вып. 7, 1975], топазы отличались жёлтой окраской, а среди бериллов преобладали небольшие кристаллы аквамарина, бледно-зелёный и жёлто-зелёный берилл. На Киберевой Горе нами в 1985 г. найдены также бледно-голубые топазы и густо-зелёные турмалины. В XIX в. были добыты крупные кристаллы топазов.

На Киберевой Горе наиболее крупные миароловые пустоты – щели – старателями отработаны на глубину не более 5 м. Осмотр стенок старых выработок показал, что продолжение продуктивной зоны предполагается на глубину, горно-геологические условия позволяют углубить старые выработки карьером. Следует провести поисковое бурение для оценки глубоких горизонтов Киберевских жил 136, 137 и других на наличие продуктивных зон до глубин 20–70 м и на основе полученных данных принять решение о направлении и виде ГРР. Возможность продолжения продуктивных зон на глубину предполагал также и А. В. Татаринов в 1980 г.

Пегматитовая жила Каменная Стрелка находится в порфировидных биотитовых гранитах, имеет чётковидную форму, состоит из двух раздувов, соединённых проводниками. Мощность раздувов – до 18 м (в среднем – 3–4 м), проводников – от

5–6 до 20–30 см. Прослеженная длина жилы 90 м. Раздувы зональны. В них фиксированы аплитовидная, графическая и пегматоидная, частью – блоковая – зоны. К этой осевой зоне приурочена большая часть занорышей с кристаллами микроклина, дымчатого кварца, спессартина, аквамарина, шерла, полихромного турмалина, топаза, лепидолита, клевеландита. Полихромный турмалин ассоциирует с клевеландитом и мелколистоватым лепидолитом. А. В. Татариновым выделяются несколько генераций берилла, развитого в различных частях раздувов. К зоне мелко-среднеграфического микроклинового, участками альбитизированного пегматита мощностью 0,5 м приурочен бледно-зелёный и бесцветный берилл с гранатом, монацитом, лепидолитом; в зоне крупнографического микроклинового, участками в альбитизированном письменном пегматите берилл широко распространён в агрегатах и в сравнительно крупных светло-зелёных и бесцветных кристаллах, достигающих 5–6 см в поперечнике. Зона среднезернистого клевеландита мощностью 0,5–0,8 м обильно насыщена шерлом, бериллом, гранатом и монацитом. Здесь клевеландит выполняет межзерновые пространства. В пегматоидной зоне, иногда переходящей в блоковую, развит аквамарин. В. М. Смертенко в 1972 г. отметил, что в центральных частях раздувов интенсивно проявлен поздний существенно клевеландитовый комплекс, пространственно совпадающий с распределением занорышей с кристаллами микроклина, аквамарина, бесцветного и слабо-голубого топаза, шерла, полихромного турмалина, клевеландита, мелколистоватого лепидолита, литиевых гидрослюд. По заключению В. М. Смертенко, жила выработана. По А. В. Татаринову и нашему заключению, обоснованному результатами изучения жил в 1982–1985 гг., необходимы поиски подобных раздувов на глубине и на флангах с применением буровых работ.

В пределах Буторихинского поля находится группа из трёх жил под общим названием Жердовая. Пегматиты относятся к внутригранитным миароловым микроклиновым с клевеландитом и лепидолитом, мусковитом, бериллом и топазом. Жилы имеют мощность около 1 м, содержат в графической зоне бесцветный и светло-зелёный берилл и шерл длиной до 2 см. В зоне крупнографического, участками пегматоидного пегматита развита альбитизация. В ней находятся миаролы с дымчатым кварцем, лепидолитом, турмалином. Жилы изучались на пьезотурмалин и цветные камни Л. А. Кулле в 1933 г., Г. В. Меркуловой в 1935 г., А. В. Татариновым и другими в 1970 г. Последний считает участок перспективным и рекомендует поисково-оценочные работы с бурением скважин.

Следует отметить, что все исследователи, начиная от А. Е. Ферсмана [1962], считают Киберевские и прилегающие к ним пегматиты (Дорогой Утёс, Солонечное, Киберева Гора, Каменная Стрелка, Сухолесная Гора с её окрестностями, Обусинская Гора и др.), безусловно, невыработанными, плохо и бессистемно изученными, особенно на глубинах, из-за отсутствия необходимых средств и отсюда – невозможности проследить строение хотя бы одной жилы до выклинивания. Поэтому следует провести систематическое опоискование с освещением нижних миаролоносных частей жил и отработкой как на ювелирное, так и коллекционное и поделочное сырьё.

6.3.2. Перспективы формации гранитных пегматитов на ювелирные берилл, топаз, турмалин и горный хрусталь

Анализ приведённого материала по берилло- и топазоносным пегматитам свидетельствует о том, что наиболее перспективными на ювелирные разности берилла и топаза являются собственно камерные микроклиновые пегматиты (Адун-Челонское, в меньшей мере Саханайское, Кангинское и Сорокское поля).

Наряду с бериллом и топазом промышленное значение имеют ювелирные разновидности кварца. Безусловно перспективны на указанные камни миароловые микроклиново-мусковитово-берилловые пегматиты с горным хрусталём.

Анализ показывает, что основная масса берилло- и топазоносных пегматитов и грейзенов связана с мезозойскими гранитами кукульбейского, кондуйского, гуджирского, асакан-шумиловского, яблонового и других редкометалльных комплексов. Миароловые пегматиты локализованы преимущественно в реоморфических гранитоидах борщовочного типа или породах их субстрата (гнейсо-гранитах, гнейсо-гранодиоритах, амфиболитах, кристаллических сланцах, мраморах), прорывающихся куполо- или штокообразными телами мезозойских гранитов, являющихся, вероятно, продуктами плавления этих же реоморфических гранитов на глубине в зонах крупных региональных шовных структур. Камерные пегматиты обычно находятся в прикупольных частях реоморфических гранитов аляскитового ряда или непосредственно в купольных частях триасовоюрских редкометалльных гранитов.

Околопегматитовые ореолы в гранитоидах характеризуются аномалиями фтора, лития, бериллия, иногда тантала, вольфрама, бора, а также повышенной радиоактивностью.

Камерные и миароловые пегматиты образуют центральные части рудной зональности, обрамляющей крупные батолиты, становление которых обусловило формирование как пегматитов, так и оруденение их периферии. В распределении типов пегматитов внутри пегматитоносной зоны купольных структур с гранитными ядрами существует единая закономерность, выражающаяся рядом, отражающим глубину формирования или удалённость от гранитного тела по латерали: бесполостные редкометалльные – миароловые – камерные. Примером вертикальной зональности является Шерловогорский массив, где во вмещающих породах расположены жильные и прожилково-жильные кварцевые тела с бериллом, вольфрамитом, флюоритом, в купольной части Шерловогорского штока – миароловые граниты и жилообразные тела с ювелирными камнями, а на глубине 0,05–0,6 км и, возможно, глубже – ожидаются камерные пегматиты типа Адун-Челонских. Несмотря на кажущийся большой объём проведённых старательских и государственных добычных работ, а также различного масштаба и стадийности ГРР, всё же наиболее перспективным на ювелирное сырьё остаётся Борщовочный кряж. В какой-то мере отработанными можно считать лишь близкие к камерным хрусталеносные пегматиты района Золотой Горы Буторихинского поля, так как часть его тел имела субизометричную форму. И даже в этих случаях нельзя оценивать их как отработанные полностью.

Все вскрытые эрозией пегматитовые тела отработаны только сверху. Абсолютное большинство не изучено на глубину даже обычными визуальными методами с применением современных минералого-геохимических поисковых критериев, не говоря о геофизических методах и бурении. Поэтому на основе анализа доступного геолого-минералогического материала предшественников, а также собственных полевых наблюдений, выделены наиболее перспективные объекты, приведённые в табл. 22. В первую очередь это относится к Золотой Горе, Душной и их окрестностям. Перспективными в этом отношении должны быть петматиты Цаган-Олуевского, Кондуйского и Соктуйского массивов.

Таблица 22

Формация гранитных пегматитов с камнесамоцветным сырьём Забайкалья

Подформация	*Вмещающие породы*	*Морфология, зональность тел, локализация сырья*	*Продуктивный минеральный комплекс, формы агрегатов, условия залегания*	*Вид сырья и его качество*	*Пример месторождений, проявлений*
Миароловые – камерные микроклиновые пегматиты	Биотитовые порфировидные граниты и аляскиты	Субизометричные и трубообразные зональные пегматиты с хорошо развитым кварцевым ядром	Различной величины минерализованные камеры под кварцевым ядром, редко – в блоковой зоне. Микроклин, кварц, берилл, топаз, альбит, смешаннослойные минералы, гематит	Берилл, аквамарин, гелиодор, зелёный берилл. Топаз светло-окрашенный, дымчатый, голубой, золотистый, винно-жёлтый. Морион, дымчатый кварц (кристаллы до 25 см), цитрин, аметист, розовый кварц, флюорит	Адун-Челонское, Саханайское, Талачинское, Верхнеузинское, Кангинское поле (Скалистый, Блоковый, Утёсовый и др.) , Соктуйское, Сорокское
Миароловые занорышевые и микроклиновые пегматиты	Биотитовые гнейсы, амфиболиты, мраморы, лейкократовые граниты	Линзо-пласто- и трубообразные неполнозональные пегматиты с хорошо развитыми графической и мелкоблоковой зонами. Протяжённость – до сотен метров, мощность в раздувах до 4 м и более	Минерализированные полости – занорыши – в осевых частях жил и в раздувах с топазом, бериллом, морионом, раухтопазом, цитрином, аметистом	Берилл жёлтый, желтовато-зелёный, аквамарин различных оттенков, длина кристаллов от 1–3 до 15–25 см. Топаз бесцветный, голубой, золотистый дымчато-коричневый, жёлтый, винно-жёлтый. Морион, дымчатый кварц (кристаллы до 30 см в длину), цитрин, аметист – до 2–3 см в длину. Турмалин зелёный, до 2 см в длину	Золотая Гора, Семёновские и Киберевские (часть жил – Стрелка, Обусинская Гора и др.), Спира, Черёмуховое, Корыто, Попова Грива, Солонечное, Смородинное, Кокертайское, Хара-Быркинское, Орлик, пегматитовое поле Уро, Котокельское

Продолжение табл. 22

Подформация	*Вмещающие породы*	*Морфология, зональность тел, локализация сырья*	*Продуктивный минеральный комплекс, формы агрегатов, условия залегания*	*Вид сырья и его качество*	*Пример месторождений, проявлений*
Миароловые микроклиновые пегматиты с клевеландитом и лепидолитом	Биотитовые гнейсы, кристаллические сланцы, амфиболиты, порфировидные граниты, мраморы	Пласто-, жило-, линзообразные тела с раздувами; в раздувах – зональные. Длина – до нескольких сотен метров, мощность 2–3 м, в раздувах – до 30 м и более. Преобладают графическая, пегматоидная и блоковая зоны	Полости с бериллом в раздувах на границе кварцевых ядер с блоковой или графической зонами; минерализованные полости в раздувах, осевых и апикальных частях жил с бериллом, топазом, цветным турмалином, микроклином, кварцем, клевеландитом, лепидолитом, спессартином, жильбертитом, редко – аметистом	Берилл представлен в основном воробьевитом, ростеритом, реже – аквамарином, желтовато-зелёным бериллом, кристаллы – до 10 см. Топаз – жёлтый, золотистый, дымчатый, голубой, бесцветный, кристаллы – до 10–15 см. Турмалин – индиголит, верделит, реже – полихромный и рубеллит; кристаллы до 7 см в длину и до 2–3 см в поперечнике. Кварц: морион, реже – раухтопаз, цитрин, аметист. Кристаллы мориона и раухтопаза – до 25 см в длину	Борщовочный кряж (Киберева Гора, Жердовая, Слюдянское, Моховая Стрелка, Большая Кочковская, Каменная Стрелка, Налгачинская, Гора Ланцова, Угловое, Воронова Гора – Лесковское), Усмунское, Черновское и др.
Миароловые микроклино-альбитовые пегматиты с интенсивно развитым клевеландитовым и лепидолитовым комплексом	Кристаллические сланцы, амфиболиты, рассланцовые алевролиты, порфировидные биотитовые граниты	Пласто-линзообразные тела, в раздувах – до 25 м; строение зональное, наряду с обычными зонами (графическая, блоковая, кварцевые ядра) присутствует зона сахаровидного альбита с бериллом и зелёным турмалином. Продуктивные парагенезисы – в верхних и осевых частях жил, в висячих боках пологих тел. Миаролы – от 5 до 100 см в диаметре	Кварц, микроклин, альбит (голубой клевеландит), мусковит, лепидолит, кукеит, турмалин, берилл, топаз, гранат, колумбит-танталит, микролит, амблигонит, сподумен (кунцит)	Аквамарин тёмно-голубой, голубовато-зелёный, светло-зелёный. Топаз – безцветный, слабоголубоватый, до 10–12 см. Раухтопаз, горный хрусталь – до 10 см в длину. Турмалин – розоватый, светло-золотисто-розовый, зелёный, до 3–6 мм по оси *a*, 5–15 мм по оси *c*, игольчатые кристаллы	Кангинское поле (падь Сухая, жилы 1 и 2), жила Полиминеральная, Моховое, Гремячее, Савватеевское, Водораздельное

Миароловые микроклино-во-олигоклазовые пегматиты с интенсивно развитым клевеландитом и лепидолитом	Диоритовые гнейсы, амфиболиты, биотитово-амфиболовые сланцы	Плито- и линзообразные сложных форм тела с раздувами. Мощность 1–10 м, в раздувах – 3–40 м, протяжённость по простиранию до 300 м, до 100 м по падению. Аплитовая и графическая зона слабо выражены	Полости с турмалином, кварцем, голубым клевеландитом, воробьевитом, датолитом, лепидолитом, спессартином, поллуцитом, гамбергитом, иногда аметистом и топазом, мусковитом	Рубеллит розовый, красный, красно-коричневый, верделит, полихромный: от чёрного через оливково-жёлтый – жёлто-зелёный – до розового. Кристаллы ювелирного качества, в среднем от 1 до 6 см по оси *c* и от 1,5 до 2,5 см по оси *a*. Раух-топаз, горный хрусталь – до 10–15 см по оси *c*	Малханское (жилы Моховая, Соседка, Юбилейная, Светлая, Западная, Иркутянка и др.)
Бесполостные микроклиновые бериллово-мусковитовые пегматиты, редко – с миаролами	Гнейсы, кристаллические сланцы, микроклиновые граниты	Зональные линзовидные тела и пегматитовые жилы с кварцевым ядром либо чётко видной кварцевой осью. Длина до 700 м, мощность – от 2–3 до 30 м	Гнездообразные выделения; микроклин, альбит, кварц, берилл, турмалин, тантало-ниобаты, касситерит, молибденит, редко – топаз	Берилл – жёлтый, светло-голубой, 6–60 см в длину; топаз бесцветный. Турмалин – дравит, коричнево-чёрный, до 15–20 см по оси *c*	Олондинское поле, Читкандинское,Чанданское, Чалотское, Капчеранское, Малокулиндинское, Поворотное, Болотистое, Мечта, Дорогское, Ханинское
Бесполостные редкометалльные микроклиново-альбитовые пегматиты с интенсивно развитым клевеландитово-лепидолитовым комплексом	Кварцево-слюдистые кристаллические сланцы, мраморы, амфиболиты, серпентиниты	Дайки, линзовидные и плитообразные тела и их группы. Длина 10–15 м, до 1 км и более, мощность от 1–2 до 100 м. Крупные тела – с чётко выраженными зонами	Гнездообразные скопления в зонах интенсивного развития альбито-лепидолитового комплекса, редко – друзовые полости с сыпучим альбитом, глинистыми минералами. Продуктивный комплекс – микроклин, альбит, кварц, берилл, турмалин, топаз, сподумен, амблигонит и др.	Прозрачные участки в крупных кристаллах, кристаллы в друзовых полостях. Берилл голубой, желтовато- и светло-зелёный, бесцветный, верделит разных оттенков, индиголит, рубеллит, полихромные кристаллы. Крупные кристаллы трещиноваты, для огранки пригодны их фрагменты, мелкие кристаллы; топаз – очень редко, кварц – только недеформированные разности	Завитинское, Урикское поля

Примечание. Таблица составлена с использованием промышленно-генетической классификации Е. Я. Киевленко, Н. Н. Сенкевича [1983], Киевленко и др. [1982], данных В. Е. Загорского, И. С. Перетяжко [1992] А. В. Татаринова [1975, 1992], А. В. Татаринова и др. [1969, 1970, 1980], а также [Методические указания… , вып. 6, 7, 17, 19–21, 1975–1979], А. Е. Ферсмана [1940, 1962], Г. А. Юргенсона [2001].

В зоне Абчадского глубинного разлома на ювелирный берилл наиболее интересно Верхнекутимское проявление, в Прибайкальской зоне перспективы высоки у пегматитового поля Уро.

На топаз и берилл наиболее перспективными являются миароловые микроклиново-мусковитово- и микроклиново-альбитово-берилловотопазовые с лепидолитом и рубеллитом пегматиты, широко развитые в Борщовочном кряже (Кур-Куринское, Шивкинское, Буторихинское, Кангинское поля), в Халзанском массиве. В последнее время на северо-восточном продолжении Каменско-Черновского поля по р.Кадале найдены фрагменты кристаллов прозрачного топаза, а на юге – в элювиально-делювиальной россыпи – аквамарин и морион, что ставит это поле в разряд потенциально берилло- и топазоносных. На это пегматитовое поле, равно как и на всю область распространения гранитоидов яблонового комплекса в пределах причитинской части Яблонового хребта, следует обратить особое внимание, учитывая новые находки и доступность района, а также близость их по способу образования к борщовочным гранитам. В пегматитах с лепидолитом и рубеллитом (Мензинское, Буторихинское, в частности, Киберевские копи, Халзанское, Каменско-Черновское и другие поля) развиты воробьевитовые разности берилла.

В настоящее время известны только вскрытые эрозией камерные и миароловые пегматиты. Причём, продуктивность известна только для тех, на уровне среза которых обнажены продуктивные части. Они составляют, если судить по известным скоплениям на Борщовочном кряже, не более 5–10 % известных тел. На Адун-Челонском поле из 183 пегматитовых тел около половины было обнажено на уровне продуктивных частей и успешно отрабатывалось старателями почти в течение века (1833–1916). Опыт работы экспедиции «Байкалкварцсамоцветы» в 1989–1992 гг. показал, что методически правильно проведённые ГРР дают положительные результаты. В 18 вскрытых телах были обнаружены кондиционные берилл и топаз. Даже лишь эти примеры указывают на необходимость планомерного изучения камерных и миароловых пегматитов известных полей с целью оценки их продуктивности на ювелирные берилл и топаз.

Определенный интерес как объекты с ювелирными разностями берилла и топаза могут представлять и бесполостные редкометалльные пегматиты. Однако добыча из них ювелирного сырья возможна лишь при отработке их на основные рудные компоненты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В конце XX – начале XXI в., когда интенсивно стал возрастать спрос на ювелирные украшения не только в мире, но и в России, традиционные источники ювелирных камней в связи с распадом СССР были утрачены. Украина с её топазами и желтовато-зелёными бериллами, Таджикистан как один из важнейших поставщиков шпинели, цветного турмалина и горного хрусталя, стали суверенными государствами. Сырьевые ресурсы Урала, традиционно поставлявшего цветной турмалин, аквамарин и топаз, практически утратили своё былое значение.

2. Забайкалье, бывшее одним из важных источников ювелирного камня в XVIII–XIX вв. к середине XX в. перестало быть их источником, до 1950-х гг. в основном поставляя лишь пьезосырьё. Оценки Шерловой Горы в силу разных причин до 1990-х гг. были отрицательными и она по ряду причин не числилась в числе сырьевых баз ювелирных камней. Но специальные исследования экспедиции «Байкалкварцсамоцветы», проведённые в 1990-х гг., а также ЗабНИИ Мингео СССР и ИПРЭК СО РАН, показали ошибочность этих выводов, и впервые на государственном балансе стали числиться промышленные запасы ювелирного берилла. К настоящему времени выявлена также промышленная ценность топаза и горного хрусталя, в частности, своеобразного дымчатого аметрина.

3. Открытие и разведка в 1980-х гг. Малханского пегматитового поля с его крупными запасами уникального по качеству ювелирного и коллекционного цветного турмалина вывели Забайкалье в ряд важнейших источников этого камня мирового уровня.

4. В результате анализа истории геологического изучения месторождений камнесамоцветного сырья и геологических ситуаций, где развиты так называемые борщовочные граниты, прорванные литий-фтористыми гранитами кукульбейского комплекса, показана перспективность их на ювелирные берилл, турмалин, топаз и горный хрусталь [Юргенсон, 2001, 2010, 2011].

5. Обоснована необходимость развития нового направления в учении о полезных ископаемых – геммологической минерагении, – в рамках которой целесообразна разработка поисково-оценочных критериев месторождений кристаллов ювелирного качества. Выявлено, что одним из важнейших подходов к решению задачи является использование явления типоморфизма.

6. Показано, что предположения А. Е. Ферсмана об особых, близких к пегматитовому процессу условиях образования продуктивных на камнесамоцветное сырье, жильных телах Шерловой Горы, оказались верными, и они являются продуктами кристаллизации специфических растворов-расплавов, функционировавших в относительно малоглубинных условиях, где типичные пегматиты формироваться не могли.

7. Рациональное и бережное отношение к ценнейшему сырью является важнейшей государственной задачей. В настоящее время доля камнесамоцветного сырья в экономической составляющей региона чрезвычайно мала и никак не соответствует их действительной ценности. Причина этого кроется как в отсутствии на территории региона специализированного предприятия по геологическому изучению, разведке и добыче камнесамоцветного сырья, так и в отсутствии камнерезной и ювелирной промышленности, которые обеспечивали бы занятость населения и действительные объёмы налогов, поступающих в государственную казну от добычи и переработки сырья, а также налоги организаций, торгующих местными камнем и ювелирными изделиями. Кроме того, Малханское и Шерловогорское месторождения, содержащие другие виды сырья, в частности топаз для абразивов, вольфрамит, технический берилл, кварцевое сырьё и все коллекционные минеральные агрегаты на Шерловой Горе, полевошпатовое, редкометалльное, кварцевое сырьё и все коллекционные минеральные агрегаты Малханского месторождения, должны использоваться как попутный каменный материал.

8. В связи с тем, что Забайкалье представляет собой один из исторических источников ювелирных камней не только общероссийского, но и мирового масштаба, обоснована необходимость комплексного использования сырья Малханского и Шерловогорского промышленных месторождений на основе организации крупных частно-государственных предприятий полного производственного цикла от геологического доизучения, добычи и пререработки камня с выпуском готовой ювелирной и сувенирно-художественной продукции с использованием добываемых в регионе золота и серебра.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Агрикола, Г. О горном деле и металлургии: в 12 кн. / Г. Агрикола. – Изд. 2-е. – Москва: Недра, 1986. – 294 с.

2. Аль-Бируни. Собрание сведений для познания драгоценностей. Минералогия / Аль-Бируни. – Москва: Изд-во АН СССР, 1963. – 518 с.

3. Амштутц, Дж. Геологические, петрографические и минералогические наблюдения в некоторых месторождениях изумруда, танзанита, цаворита и рубина в Танзании и Кении / Дж. Амштутц, Г. Банк // Ювелирные, ювелирно-поделочные и поделочные камни: реферативная информация. – Москва: Мингео СССР, 1980. – Вып. 7. – С. 32–33.

4. Атлас тибетской медицины. Свод иллюстраций к Тибетскому медицинскому трактату XVII века «Голубой берилл». – Москва: Галактика: Галарт, 1994. – 592 с.

5. Барабанов, В. Ф. Минералогия вольфрамитовых месторождений Забайкалья / В. Ф. Барабанов. – Ленинград: Изд-во Ленингр. ун-та, 1975. – Т. 2. – 360 с.

6. Беус, А. А. Геохимия бериллия и генетические типы бериллиевых месторождений / А. А. Беус. – Москва: Изд-во АН СССР, 1960. – 330 с.

7. Бобылев, В. В. Историческая геммология. Геммохронология / В. В. Бобылев. – Москва: ВИНИТИ, 2000. – 178 с.

8. Болдырев, А. К. Разведка коренных месторождений руд вольфрама, олова, висмута и бериллия на Шерловой Горе (в Забайкалье) и дополнительные данные разведки россыпей там же в 1928 и 1929 гг. / А. К. Болдырев, Я. А. Луи // Горн. журн. – 1929. – № 8, 9. – С. 1339–1364.

9. Буканов, В. В. Горный хрусталь Приполярного Урала / В. В. Буканов. – Ленинград: Наука: Ленингр. отд-ние, 1974. – 212 с.

10. Булах, А. Г. Общая минералогия / А. Г. Булах. – Санкт-Петербург: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 1999. – 356 с.

11. Воронов, Е. Т. Повышение эффективности и безопасности подземной разработки месторождений горного хрусталя в криолитозоне / Е. Т. Воронов, Д. Е. Воронов, И. А. Бондарь. – Чита: ЧитГУ, 2006. – 242 с.

12. Гадиятов, В. Г. Камнесамоцветные формации Северо-Востока Азии / В. Г. Гадиятов; отв. ред. Г. А. Юргенсон. – Воронеж: ИПЦ Воронеж. ун-та, 2005. – 272 с.

13. Гадиятов, В. Г. Коммерческая геммология: учеб. пособие / В. Г. Гадиятов, М. В. Гадиятова, И. И. Гончарова. – Воронеж: ИПЦ Воронеж. ун-та, 2007. – 397 с.

14. Геологические исследования и горнопромышленный комплекс Забайкалья / Г. А. Юргенсон, В. С. Чечеткин, В. М. Асосков; отв. ред. Г. А. Юргенсон. – Новосибирск: Наука, 1999. – 574 с.

15. Геологическая карта СССР масштаба 1 : 200 000. Сер. Бодайбинская. Лист О-49-XXXII: объясн. зап. / П. Б. Дедюхин [и др.]. – Москва: Недра, 1971. – 72 с.

16. Геологическое строение Читинской области: объясн. зап. к геологической карте масштаба 1 : 500000 / К. К. Анашкина, К. С. Бутин, Ф. И. Еникеев [и др.]. – Чита: Читагеолком, 1997. – 239 с.

17. Геруволь, М. Т. Минералогия продуктивных минеральных комплексов пегматитов с драгоценными камнями Нуристана (ДРА) / М. Т. Геруволь, В. Ю. Алхазов, Г. А. Юргенсон // Самоцветы. – Ленинград: Наука, 1980. – С. 63–70.

18. Гесс, Г. Г. Геологические наблюдения, произведённые во время путешествия из Иркутска через Нерчинск в Кяхту / Г. Г. Гесс // Горн. журн. – 1828. – Кн. 3. – № 10. – С. 1–44.

19. Гиммельфарб, Г. Б. Государственная геологическая карта СССР масштаба 1 : 200 000. Сер. Бодайбинская. Лист О-50-XXII: объясн. зап. / Г. Б. Гиммельфарб, Л. Б. Белоножко, Ю. Т. Николаев. – Москва: Мингео СССР, 1979. – 75 с.

20. Горячкина, А. Г. Свойства ограночного топаза Шерловой Горы / А. Г. Горячкина // Новые идеи в науках о Земле: VI Междунар. конф. – Москва, 2003. – С. 21.

21. Гранадчикова, Б. Г. О природе окраски натуральных и синтетических сапфиров и экспрессный метод их идентификации / Б. Г. Гранадчикова, Л. В. Никольская, М. И. Самойлович // Докл. АН СССР. – 1979. – Т. 246. – № 3. – С. 599–601.

22. Грудинин, М. И. Новый тип нефритовых месторождений Средне-Витимской горной страны / М. И. Грудинин, А. П. Секерин // Минералы и минеральные ассоциации Восточной Сибири. – Иркутск, 1977. – С. 172–177.

23. Давыдов, В. И. Краткая объяснительная записка к геологической карте Бурятской АССР масштаба 1 : 500 000 / В. И. Давыдов, А. А. Малышев, А. Л. Шпильков. – Улан-Удэ: Мингео СССР, БТГУ, 1981. – 148 с.

24. Демин, А. Н. Геологическая карта СССР масштаба 1 : 200 000. Сер. Бодайбинская. Лист О-49-XXVI: объясн. зап. / А. Н. Демин, Т. В. Демина. – Москва: Мингео СССР, 1973. – 92 с.

25. Дроздов, В. П. Поиски и оценка месторождений пьезооптического и камнесамоцветного сырья / В. П. Дроздов, И. Л. Комов, Е. И. Воробьев. – Москва: Недра, 1986. – 224 с.

26. Ермаков, Н. П. Происхождение остаточных пегматитов камерного типа на Волыни / Н. П. Ермаков // Тр. ВНИИП. – 1957. – Т. 1, вып. 1. – С. 25–42.

27. Загорский, В. Е. Гранитные пегматиты. Т. 3. Миароловые пегматиты / В. Е. Загорский, И. С. Перетяжко, Б. М. Шмакин. – Новосибирск: Наука, 1999. – 488 с.

28. Загорский, В. Е. Малханское месторождение турмалина в Забайкалье / В. Е. Загорский, И. С. Перетяжко // В мире минералов: минерал. альм. – 2008. – С. 4–41.

29. Загорский, В. Е. Пегматиты с самоцветами Центрального Забайкалья / В. Е. Загорский, И. С. Перетяжко. – Новосибирск: Наука: Сиб. отд-ние, 1992. – 224 с.

30. Загорский, В. Е. Турмалины Малхана / В. Е. Загорский, И. С. Перетяжко, В. Е. Кушнарев. – Иркутск, 2011. – 36 с.

31. Зайцев, П. Ф. Государственная геологическая карта СССР масштаба 1 : 200 000. Сер. Бодайбинская. Лист О-49-XXXVI: объясн. зап. / П. Ф. Зайцев. – Москва: Мингео СССР, 1979. – 62 с.

32. Захарченко, А. И. Газово-отвердевшие включения остатков расплавов в гранитах, аплитах и пегматитах и их роль в познании гранитов и генезиса пегматитов / А. И. Захарченко // Тр. ВНИИСИМС. – Александров, 1971. – Т. 14. – С. 66–75.

33. Киевленко, Е. Я. Геология месторождений драгоценных камней / Е. Я. Киевленко, Н. Н. Сенкевич, А. П. Гаврилов. – Москва: Недра, 1982. – 279 с.

34. Киевленко, Е. Я. Геология самоцветов / Е. Я. Киевленко. – Москва: Ассоциация ЭКОСТ, 2000. – 582 с.

35. Киевленко, Е. Я. Декоративно-коллекционные минералы / Е. Я. Киевленко, В. И. Чупров, Е. Е. Драмтева. – Москва: Недра, 1987. – 221 с.

36. Киевленко, Е. Я. Поиски и оценка драгоценных и поделочных камней / Е. Я. Киевленко. – Москва: Недра, 1980. – 168 с.

37. Киселев, В. И. Рубиновые и сапфировые разновидности корундов Юго-Западного Памира / В. И. Киселев // Докл. АН Тадж. ССР. – 1977. – Т. 20, № 6. – С. 42–52.

38. Кисин, А. Ю. Месторождения рубинов в мраморах (на примере Урала) / А. Ю. Кисин. – Свердловск: УрО АН СССР, 1991. – 130 с.

39. Кокшаров, Н. И. Материалы для минералогии России / Н. И. Кокшаров. – Санкт-Петербург: Тип. И. И. Глазунова и К°, 1853. – Ч. 2. – 412 с.

40. Кокшаров, Н. И. Материалы для минералогии России / Н. И. Кокшаров. – Санкт-Петербург: Тип. И. И. Глазунова и К°, 1856. – Ч. 2. – 412 с.

41. Кокшаров, Н. И. Каталог русским топазам, хранящимся в Музеуме Горного института в Петербурге / Н. И. Кокшаров.– Санкт-Петербург, 1866.

42. Копырин, И. С. Опыт формационно-генетической классификации месторождений камнесамоцветного сырья (на примере Среднего и Южного Урала) / И. С. Копырин, М. П. Попов // Науч. вестн. Моск. гос. горн. ун-та. – 2010. – № 8. – С. 51–67.

43. Копырин, И. С. Техногенные камнесамоцветные формации / И. С. Копырин, Д. С. Потапов, С. С. Потапов // Минералогия техногенеза-2010.– Миасс: ИМин УРО РАН, 2010. – С. 48–64.

44. Корнилов, Н. И. Ювелирные камни / Н. И. Корнилов, Ю. П. Солодова. – Москва: Недра, 1986. – 282 с.

45. Корундовая минерализация Западного Забайкалья / А. В. Татаринов, В. И. Беляевский, Г. А. Юргенсон, В. И. Левицкий // Прикладная минералогия Восточной Сибири. – Иркутск: Иркут. ун-т, 1992. – С. 28–38.

46. Критерии прогнозной оценки территорий на твёрдые полезные ископаемые / под ред. Д. В. Рундквиста. – Москва: Недра, 1986. – 744 с.

47. Кулибин, А. И. Описание кряжа Адун-Челона / А. И. Кулибин // Горн. журн. – 1829. – Ч. 4. – С. 5–42.

48. Куликов, Б. Ф. Словарь камней-самоцветов / Б. Ф. Куликов, В. В. Буканов. – Ленинград: Недра, 1988. – С. 168.

49. Куприянова, И. И. Бериллиевые месторождения России / И. И. Куприянова, Е. П. Шпанов. – Москва: ГЕОС, 2011. – 354 с.

50. Лопатин, О. Н. Ионная имплантация минералов и их синтетических аналогов: автореф. … дис. д-ра геол.-минерал. наук: 25.00.05 / О. Н. Лопатин. – Казань, 2010. – 39 с.

51. Луизов, А. В. Свет и глаз / А. В. Луизов. – Ленинград: Энергоатомиздат: Ленингр. отд-ние, 1983. – 144 с.

52. Луизов, А. В. Цвет и свет / А. В. Луизов. – Ленинград: Энергоатомиздат: Ленингр. отд-ние, 1989. – 256 с.

53. Лучшие образцы из коллекции: Минералогический музей имени А. В. Сидорова / Л. Д. Вахромеева, Т. Ю. Воронцова, Т. И. Глянько, И. Д. Самохина. – Иркутск, 2010. – 40 с.

54. Методические указания по поискам и перспективной оценке месторождений цветных камней (ювелирных, поделочных, декоративно-облицовочных) // VI Всесоюзное производственное объединение. – Москва: Мингео СССР, 1975. – Вып. 6. Изумруд. – 54 с.

55. Методические указания по поискам и перспективной оценке месторождений цветных камней (ювелирных, поделочных, декоративно-облицовочных) // VI Всесоюзное производственное объединение. – Москва: Мингео СССР, 1975. – Вып. 7. Берилл и топаз. – 70 с.

56. Методические указания по поискам и перспективной оценке месторождений цветных камней (ювелирных, поделочных, декоративно-облицовочных) // VI Всесоюзное производственное объединение. – Москва: Мингео СССР, 1976. – Вып. 9. Хризолит. – 44 с.

57. Методические указания по поискам и перспективной оценке месторождений цветных камней (ювелирных, поделочных, декоративно-облицовочных) // VI Всесоюзное производственное объединение. – Москва: Мингео СССР, 1977. – Вып. 17. Гранаты. – 73 с.

58. Методические указания по поискам и перспективной оценке месторождений цветных камней (ювелирных, поделочных, декоративно-облицовочных) / Всесоюзное промышленное объединение «Союзкварцсамоцветы». – Москва: Мингео СССР, 1978. – Вып. 20. Турмалин. – 80 с.

59. Методические указания по поискам и перспективной оценке месторождений цветных камней (ювелирных, поделочных, декоративно-облицовочных) // Всесоюзное промышленное объединение «Союзкварцсамоцветы». – Москва: Мингео СССР, 1979. – Вып. 21. Группа горного хрусталя. – 76 с.

60. Методические указания по поискам и перспективной оценке месторождений цветных камней (ювелирных, поделочных, декоративно-облицовочных) // Всесоюзное промышленное объединение «Союзкварцсамоцветы».– Москва: Мингео СССР, 1978. – Вып. 22. Благородный опал. – 50 с.

61. Мильгром, Г. Б. Некоторые особенности геолого-экономической оценки месторождений цветных камней / Г. Б. Мильгром, В. М. Мусафронов // Драгоценные и цветные камни. – Москва: Наука, 1980. – С. 40–43.

62. Минеральное сырьё: краткий справ. / под ред. В. П. Орлова; сост. А. Н. Еремеев, А. Е. Лисицын, П. Е. Остапенко. – Москва: Геоинформмарк, 1999. – 305 с.

63. Минералы: справ.– Москва: Наука, 1965. – Т. 2, вып. 2. – 342 с.

64. Минералы: справ.– Москва: Наука, 1972. – Т. 3, вып. 1. – 884 с.

65. Минералы: справ.– Москва: Наука, 1981. – Т. 3, вып. 2. – 614 с.

66. Мясников, А. В. Нерчинский Эрмитаж / А. В. Мясников. – Чита, 2006. – 98 с.

67. О'Доноху, М. Кварц / М. О'Доноху; пер. с англ. В. Б. Александрова. – Москва: Мир, 1990. – 136 с.

68. О драгоценных металлах и драгоценных камнях: федер. закон № 41-ФЗ: прин. 07.03. 2003 г.; ред. 18.07. 2006 г. // Рос. газета. – 2003. – № 67.

69. Озерский, А. Русский топаз необыкновенной величины / А. Озерский // Горн. журн. – 1846. – Ч. 1. – С. 308–310.

70. Паллас, П. С. Путешествия по разным провинциям Российской империи / П. С. Паллас. – Санкт-Петербург, 1788. – Ч. 3. – 624 с.

71. Пахомова, В. А. Развитие геммологии на Дальнем Востоке России [Электронный ресурс] / В. А. Пахомова // Вестн. Отд-ния наук о Земле. – 2008. http: // onznews.wdcb.ru (дата обращения: 23.05.2016).

72. Петров, А. Ф. Геологическая карта СССР масштаба 1 : 200 000. Сер. Бодайбинская. Лист О-50-XVIII: объясн. зап. / А. Ф. Петров. – Москва: Мингео СССР, 1978. – 115 с.

73. Платонов, А. Н. Природа окраски самоцветов / А. Н. Платонов, М. Н. Таран, В. С. Балицкий. – Москва: Недра, 1984. – 196 с.

74. Предложения по предварительной оценке перспектив на дефицитные виды камнесамоцветного сырья различных регионов СССР / А. П. Акимов [и др.] // Всесоюзное промышленное объединение «Союзкварцсамоцветы». – Москва: Мингео СССР, 1978. – 70 с.

75. Природный кварц и его физико-химические свойства / сост. И. Л. Комов, М. И. Самойлович. – Москва: Недра, 1985. – 124 с.

76. Рид, П. Геммология: учебник / П. Рид; пер. с англ. Е. А. Седовой; под ред. Ю. П. Солодовой. – Москва: Мир: АСТ, 2003. – 366 с.

77. Россовский, Л. Н. Турмалин как индикатор драгоценных камней рубина, сапфира и благородной шпинели / Л. Н. Россовский, М. А. Бабаев // Докл. АН Тадж. ССР. – 1988. – Т. 31, № 9.– С. 607–610.

78. Рубин и сапфир / под ред. Л. М. Беляева. – Москва: Наука, 1974. – 236 с.

79. Самсонов, Я. П. Самоцветы СССР / Я. П. Самсонов, А. П. Туринге; под ред. В. И. Смирнова. – Москва: Недра, 1985. – 336 с.

80. Севергин, В. М. О сибирском берилле или аквамарине / В. М. Севергин // Новые ежемесячные сочинения. – Санкт-Петербург, 1795. – Ч. 106. – С. 54–85.

81. Секерин, А. П. К вопросу об окислительно-восстановительных условиях в некоторых офиолитовых ассоциациях / А. П. Секерин, А. С. Якшин, М. И. Грудинин // Докл. АН СССР. – 1977. – Т. 234, № 4. – С. 928–931.

82. Секерина, Н. В. Апокарбонатные нефриты Сибири / Н. В. Секерина // Минералогия месторождений камнесамоцветного и поделочного сырья: тез. докл. Годичного собрания Минерал. о-ва при РАН. – Санкт-Петербург, 1996. – С. 33–34.

83. Синкенкес, Д. Руководство по обработке драгоценных и поделочных камней / Д. Синкенкес. – Москва: Мир, 1989. – 423 с.

84. Скурский, М. Д. Алмазы Забайкалья / М. Д. Скурский // Недра Востока. – 1996. – № 3. – С. 11–16.

85. Смирнов, А. Сокровища Азии. Баргузинские «волосатики» / А. Смирнов // Открытый мир. – 2005. – № 12. – С. 34–39.

86. Смит, Г. Драгоценные камни / Г. Смит. – Москва: Мир, 1980. – 586 с.

87. Солодухина, М. А. Влияние процесса образования арсенопирита на качество ювелирного берилла Шерловогорского месторождения / М. А. Солодухина, А. Г. Горячкина // Минералогия, геммология, искусство: тез. докл. Годичного собрания Минерал. о-ва при РАН. – Санкт-Петербург, 2003. – С. 71–72.

88. Сущинский, П. П. Заметка о геологическом строении и минералогии Шерловой Горы в Забайкальской области / П. П. Сущинский // Изв. Академии наук. – Петроград, 1917. – Т. 11, № 8. – С. 512.

89. Сущинский, П. П. Очерк месторождений цветных камней Юго-Восточного Забайкалья / П. П. Сущинский // Тр. Ин-та прикладной минералогии и петрографии. – 1925. – Вып. 16. – 88 с.

90. Таскин, А. Геогностическое описание долины Онон-Борзинской / А. Таскин // Горн. журн. – 1829. – Вып. 8. – С. 11–167.

91. Татаринов, А. В. Камнесамоцветные минеральные формации Сибири / А. В. Татаринов // Геология и геофизика. – 1992. – № 11. – С. 116–125.

92. Титов, В. Заметки о месторождениях цветных камней и соляных озёрах Нерчинского края / В. Титов // Горн. журн. – 1855.– Кн. 6. – С. 1–493.

93. Шмакин, Б. М. История ювелирного искусства. История геммологии: учеб. пособие / Б. М. Шмакин. – Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2003. – 210 с.

94. Щербакова, С. В. Геохимия и минералогия метасоматитов с рубином / С. В. Щербакова, А. Н. Сутурин // Геохимические поиски самоцветов. – Новосибирск: Наука: Сиб. отд-ние, 1990. – С. 169–198.

95. Ферсман, А. Е. Пегматиты / А. Е. Ферсман. – Москва; Ленинград: Изд-во АН СССР, 1940. – Т. 1. Гранитные пегматиты. – 712 с.

96. Ферсман, А. Е. Очерки по истории камня / А. Е. Ферсман. – Москва: Изд-во АН СССР, 1954. – Т. 1; 1961. – Т. 2. – 372 с.

97. Ферсман, А. Е. Драгоценные и цветные камни СССР / А. Е. Ферсман // Избр. тр. – Москва: Изд-во АН СССР. – 1962. – Т. 7. – 534 с.

98. Юргенсон, Г. А. Гигантский кристалл кварца / Г. А. Юргенсон // Зап. ВМО. – 1961. – № 6. – С. 747–749.

99. Юргенсон, Г. А. Кальцийсодержащий воробьевит – новая разновидность берилла / Г. А. Юргенсон // Вестн. науч. информ. Забайкал. отд-ния Геогр. о-ва СССР. – Чита, 1965. – № 2. – С. 45–48.

100. Юргенсон, Г. А. Каменная радуга / Г. А. Юргенсон. – Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1980. – 104 с.

101. Юргенсон, Г. А. Типоморфизм и рудоносность жильного кварца / Г. А. Юргенсон. – Москва: Недра, 1984. – 149 с.

102. Юргенсон, Г. А. Зависимость концентраций воды и углекислоты в кварце от давления в минералообразующих системах / Г. А. Юргенсон // Докл. АН СССР. – 1991. – № 3. – С. 721–723.

103. Юргенсон, Г. А. Радуга в колеснице / Г. А. Юргенсон. – Иркутск: Вост.-Сиб. кн. изд-во, 1991. – 304 с.

104. Юргенсон, Г. А. Средства капитализации / Г. А. Юргенсон // Золото. – 1995. – № 40. – Дек. – С. 7.

105. Юргенсон, Г. А. Об условиях образования ювелирных камней Шерловой Горы / Г. А. Юргенсон // Минералогия месторождений камнесамоцветного и поделочного сырья: тез. докл. Годичного собрания Минерал. о-ва при РАН. – Санкт-Петербург, 1996. – С. 37–38.

106. Юргенсон, Г. А. Самоцветы Забайкалья / Г. А. Юргенсон. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 1997. – 58 с.

107. Юргенсон, Г. А. Типоморфизм, условия образования и рудоносность жильного кварца: дис. … д-ра геол.-минерал. наук: 04.00.11 / Г. А. Юргенсон. – Чита, 1997. – 139 с.

108. Юргенсон, Г. А. Ювелирные и поделочные камни Забайкалья / Г. А. Юргенсон. – Новосибирск: Наука, 2001.– 390 с.

109. Юргенсон, Г. А. Типоморфизм и рудные формации / Г. А. Юргенсон. – Новосибирск: Наука, 2003. – 369 с.

110. Юргенсон, Г. А. Минеральное сырьё Забайкалья: учеб. пособие. – Чита: Изд-во СО РАН: Поиск, 2009. – Ч. 2, кн. 1. Топливно-энергетическое, горнохимическое и горнотехническое сырьё – 304 с.

111. Юргенсон, Г. А. Забайкалье – крупная камнесамоцветная минерагеническая провинция России / Г. А. Юргенсон // Ученые зап. ЗабГГПУ. Сер. Естественные науки. – 2010. – № 1.– С. 91–99.

112. Юргенсон, Г. А. К основам геммологической минерагении / Г. А. Юргенсон // Вопр. геологии и комплексного освоения природных ресурсов Восточной Азии: Всерос. науч. конф. (16–18 июня 2010 г.). – Благовещенск: ИГ и П ДВО РАН, 2010. – С. 142–144.

113. Юргенсон, Г. А. К обоснованию геммологической минерагении / Г. А. Юргенсон // Вестн. ЧитГУ. – 2011. – № 3. – С. 125–131.

114. Юргенсон, Г. А. Первая находка ювелирного дымчатого аметрина в жилах с самоцветами Шерловой Горы (Восточное Забайкалье) / Г. А. Юргенсон // Вестн. ЗабГУ. – 2014. – № 6.– С. 28–34.

115. Юргенсон, Г. А. Очерк самоцветов бассейна р. Иля / Г. А. Юргенсон // Особо охраняемые природные территории в сохранении природно-культурного наследия Забайкалья и Моноголии // Тр. национального парка «Алханай». – Улан-Удэ: Изд-во БГУ, 2014. – Вып. 2. – С. 241–248.

116. Юргенсон, Г. А. Особенности минералогии изумрудоносных жил участка Херсканда / Г. А. Юргенсон // VIII Науч.-метод. конф. – Кабул: Кабул. политехн. ин-т, 1980. – С. 116–119.

117. Юргенсон, Г. А. Полосы поглощения OH_x-групп в турмалине как типоморфный признак / Г. А. Юргенсон, А. А. Козаченко, О. А. Распопина // Типоморфизм минералов и его прикладное значение. – Чита, 1983. – С. 116–119.

118. Юргенсон, Г. А. О технологической археоминерагении / Г. А. Юргенсон, П. В. Мороз // Теория, история, философия и практика минералогии: материалы IV Междунар. минерал. семинара. – Сыктывкар: Геопринт, 2006. – С. 89–90.

119. Юргенсон, Г. А. Минералы и горные породы – материал орудий в каменном веке Забайкалья / Г. А. Юргенсон, П. В. Мороз // Минералогия техногенеза-10. – Миасс: Изд-во УрО РАН, 2010. – С. 182–195.

120. Юргенсон, Г. А. Технологическая археоминерагения как методологический подход к изучению каменных индустрий (на примере Усть-Мензинского археологического комплекса) / Г. А. Юргенсон, П. В. Мороз // Вестн. ЧитГУ. – 2011. – № 5. – С. 109–115.

121. Юргенсон, Г. А. Историко-философские и практические аспекты освоения камня в человеческой культуре / Г. А. Юргенсон, П. В. Мороз // Гум. вектор. Сер. Философия. Культурология. – 2014. – № 2. – С. 143–149.

122. Юргенсон, Г. А. Минералогия продуктивных изумрудоносных комплексов / Г. А. Юргенсон, Ю. М. Пасеков // Материалы XIII съезда ММА (Варна, 19–25 сент. 1982 г.). – София, 1982. – С. 56–57.

123. Юргенсон, Г. А. О возможности использования форм кристаллов граната альмандин-спессартинового ряда при поисках пегматитовых тел / Г. А. Юргенсон, С. С. Савкевич // Зап. Всесоюз. минерал. о-ва. – 1989. – Вып. 6. – С. 117–119.

124. Юргенсон, Г. А. Новое в истории открытий самоцветов в Забайкалье / Г. А. Юргенсон, А. Г. Горячкина // Зап. ВМО. – 2003. – № 2. – С.41–48.

125. Юргенсон, Г. А. О некоторых особенностях кварца Шерловой Горы / Г. А. Юргенсон, А. Г. Горячкина // Кварц. Кремнезём: материалы междунар. семинара. – Сыктывкар: Геопринт, 2004. – С. 100.

126. Юргенсон, Г. А. Особенности минералообразования камнесамоцветного сырья Адун-Челон-Шерловогорской рудомагматической системы / Г. А. Юргенсон, А. Г. Горячкина // Минералогия, геммология, искусство: тез. докл. Годичного собрания Минерал. о-ва при РАН. – Санкт-Петербург, 2003. – С. 79–80.

127. Юргенсон, Г. А. Новые данные об истории открытия и добычи самоцветов в Забайкалье / Г. А. Юргенсон, А. Г. Горячкина // Новые идеи в науках о Земле: V Междунар. конф. – Москва, 2001. –Т. 2. – С. 140.

128. Юргенсон, Г. А. Условия образования топазов Адун-Челона и Шерловой Горы / Г. А. Юргенсон, А. Г. Горячкина // Природные ресурсы Забайкалья и проблемы природопользования: материалы науч. конф. – Чита, 2001. – С. 30.

129. Юргенсон, Г. А. К истории открытий и добычи самоцветов в Забайкалье / Г. А. Юргенсон, А. Г. Горячкина // 300 лет горнозаводского дела в Забайкалье: материалы симпозиума (9–10 сент. 2001 г.). – Чита, 2001. – С. 38–49.

130. Юргенсон, Г. А. Шерловая Гора: месторождение самоцветов и редких металлов Шерловая Гора / Г. А. Юргенсон, О. В. Кононов // Минералогический альманах. – Москва. – 2014. – Т. 19, вып. 2.– С. 12–93.

131. Юргенсон, Г. А. Маршрутом Палласа / Г. А. Юргенсон, С. М. Синица, Е. С. Вильмова. – Чита: Поиск, 2011. – 112 с.

132. Юргенсон, Г. А. Мышьяк в рудах Шерловогорского месторождения / Г. А. Юргенсон, М. А. Солодухина, А. Г. Горячкина // Роль минералогических исследований в решении экологических проблем (теория, практика, перспективы развития): материалы к годичному собранию ВМО. – Москва, 2002. – С. 202–204.

133. Bank, H. Das Smaragd-Alexandritvorkommen von Lake Manyara (Tansania) / H. Bank, E. Gubelin // Z. dtsch. gemmol. Ges, 1976.– № 3. – P. 130–147.

134. Bindheim, J. Ueber den sibirischen Aquamarin / J. Bindheim // Crell,s chemisch Annalen. – 1790. – № 1.– S. 490–495.

135. CIBJO. Алмазы. Ювелирные камни. Жемчуг. – Москва: Нац. учеб.-науч. геммологический центр, 1993. – 48 с.

136. Gubelin, E. Alexandrite from Lake Manyara, Tanzania / E. Gubelin // Gems and Gemol., 1976. – № 7. – P. 203–209.

137. Lal, K. P. Corundum deposits in India / K. P. Lal // Gem World. – 1976. – Vol. 3, No. 3. – P. 31–36.

138. Pallas, P. S. Mineralogische Neuigkeiten aus Sibirien / P. S. Pallas // Neue Nord Beitrag. – 1793. – Bd. 5. – S. 275–300.

139. Patrin, E. Notice mineralogique de la Daourie / E. Patrin // Observations sur la physique. – 1791. – Vol. 37. – P. 289–290.

140. Sage, B. G. Mem. Acad. Sc. / B. G. Sage. – Paris. – 1782. – P. 314–315.

141. The Sherlovgorsk Ore-Magmatic System and Its Mineral Resources / G. A. Yurgenson, A. G. Goriachkina, M. A. Solodukhina, A. I. Frolov // Proceedings of the 5th International Symposium of Geological and Mineragenic Correlation in Contiguous Regions of China, Russia and Mongolia (Oct. 8–11, 2003). – Changchun, China. – P. 18–21.

142. Typomorphic peculiarities of noble beryl varieties from Sherlovaya Montain / G. A. Yurgenson, A. S. Afanasieva, O. V. Kononov, V. Yu. Prokof´ev // Geology and Resources. – 2010. – Vol. 19, No. 1. – Aug. – P. 28–3.

143. Weers, R. A. Paramagnetic resonance of centers in cristalline quartzs / R. A. Weers // Phys. Rev. – 1963. – P. 570–574.

144. Yurgenson, G. A. Gemmological Minerageny / G. A. Yurgenson // Proceedings for the 5th International Symposium on Geological and Mineragenetic correlation in the Contiguous Regions of China, Russia and Mongolia (Changchun, China. Oct. 8–10, 2003). – Changchun: International Centre for Geoscientific Research and Education in Northeast Asia: Jilin University, 2003. – P. 22–25.

145. Yurgenson, G. A. Sherlova Gora: a deposit for Gemstones and Rare Metals. Famous Mineral Localites of Russia: Sherlova Gora / G. A. Yurgenson, O. V. Kononov // Mineralogical Almanac USA. – 2014. – Vol. 19. – No. 2. – P. 3–93.

146. Yurgenson, G. A. Arsenic in Dry Steppes Landscape Hypergenesis Zone / G. A. Yurgenson, M. A. Solodukhina, A. G. Goriachkina // Proceedings of the

2nd International Symposium of Geosciences in NE Asia and the 9th China-Korea Joint Symposium of Geology on Crustal Evolution in NE Asia (July 31 – August 4). – Changchun, China, 2002. – P. 130–131.

147. Yurgenson, G. A. Conditions of Localization and Mineral Zonning of Lazuritebearing Bodies of Badacshan / G. A. Yurgenson, B. P. Sucharev // Intern. Geol. Rev. USA. – 1985. – No. 2. – P. 15–23.

Научное издание

Юргенсон Георгий Александрович

Ювелирные камни Забайкалья

Часть 1. Промышленные месторождения пегматитов и грейзенов

Редактор О. Ю. Гапченко
Вёрстка Г. А. Зенковой

Подписано в печать 29.10.16.
Формат 60×84/8. Бумага офсетная.
Способ печати цифровой.
Усл. печ. л. 23,1. Уч.-изд. л. 15,1. Заказ № 16261.
Тираж 500 экз.

ФГБОУ ВО «Забайкальский государственный университет»
672039, г. Чита, ул. Александро-Заводская, 30