

МОДИФИЦИРОВАННЫЕ МИНЕРАЛЫ В ОТДЕЛЕ ИСТОРИИ ИНСТИТУТА ЗЕМНОЙ КОРЫ СО РАН

Иванова Л. А.

Институт земной коры СО РАН, Иркутск

Как известно, при разработке месторождений каменного сырья попутно с добычей кондиционного материала вывозится большое количество низкосортного, использование которого в качестве поделочного камня ограничено. Непостоянство рыночного спроса на изделия из каменного материала тех или иных оттенков создает дополнительные трудности, значительное количество сортового материала в обработку не вовлекается. Однако, многие природные самоцветы, как правило, независимо от проявленной окраски содержат несколько других типов центров окраски: либо потенциальных, которые могут проявляться при каких-либо физических воздействиях, либо скрытых («затусшеванных») уже проявленной более интенсивной окраской. Температурная устойчивость центров, процессы их образования и разрушения различны. Поэтому, изменяя температурный интервал отжига, можно разрушать одни и сохранять другие центры окраски. Модифицирование (облагораживание, кондиционирование) – это преобразование, изменение свойств (цвета, качества) ювелирных и поделочных камней различными методами, помимо огранки и полировки. Модифицирование камней производится различными способами, как аналогичными природным процессам, так и имеющими чисто искусственную природу. Разнообразные

способы облагораживания камнесамоцветного сырья, направленные на улучшение декоративных свойств за счет изменения окраски, усиления цветового тона и прозрачности, известны с глубокой древности. Термическая обработка минералов, заложившая основу этому направлению, является составной частью многочисленных методов и технологических разработок по облагораживанию.

Экспозиция результатов разработанного сотрудниками лаборатории петрологии, геохимии и рудогенеза Института земной коры СО РАН способа обработки природных камней и изделий из них [3], наглядно демонстрирующая возможности облагораживания некондиционного поделочного сырья на примере улучшения декоративно-художественных свойств нефрита и других минералов служит наглядным пособием учебной коллекции в процессе проведения занятий в курсе лекций по «Облагораживанию ювелирных камней».

Еще в Древнем Китае практиковалось искусственное окрашивание нефрита в каштановый цвет – жад конский. В настоящее время облагораживание нефрита проводится в автоклавах в восстановительной атмосфере при давлении 400–500 атм, температуре 300–500 °С в течение 24–100 ч [5]. В результате за счет изменения

соотношения $\text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ происходит изменение цвета нефрита от грязно-зеленого до устойчивого яблочно-зеленого. Из табачно-бурых нефритов в окислительных условиях получают сургучно-красные и желтые. Иногда при этом получаются полихромные нефриты зеленовато-красного цвета, а бледно окрашенные разности в значительной степени осветляются. Методика облагораживания природных камней и изделий из них в гидротермальных условиях при высокой температуре и под давлением является для нефрита наиболее оптимальным методом обработки некондиционного материала с целью вовлечения его в производство.

В коллекции представлены исходные и облагороженные образцы Улан-Ходинского и Витимского нефритов (рис. 1, 2): пластины, кольца, браслеты, двухцветная гемма и другие изделия.

Несомненный интерес в учебной коллекции вызывают образцы агатов и халцедонов обработанных в газовых средах при атмосферном давлении (рис. 3) и методом изобарно-изотермической выдержки (автоклавная методика) [4]. В агатах окраска зачастую связана с тонкодисперсной примесью других минералов. Высокотемпературный отжиг применяется, чтобы усилить или проявить красно-оранжевую окраску, которая связана с тонкодисперсной примесью окислов и гидроокислов железа. Выдержка в окислительной среде приводит к усилению яркости окраски за счет частичного окисления железа до трехвалентной формы, а в восстановительной среде частичное восстановление железа до двухвалентного приводит к осветлению и проявлению скрытых полос. Автоклавная методика позволяет улучшать декоративно-художественные свойства агатов и халцедонов, проявляя тончайшие ранее невидимые зоны и усиливая яркость и контрастность камня.

В основе термообработки лежит способность преобразования центров окраски в минералах под действием повышенных температур. Подобные явления происходят непосредственно при образовании минералов в природных условиях. В ряде случаев наличие тех или иных окрашенных разновидностей даже в пределах одного месторождения определяется температурным режимом и составом окружающей среды.

Одним из методов термообработки является метод высокотемпературной выдержки в контролируемых средах. В основе экспериментальных исследований лежит способ изменения окраски халцедонов при термообработке в окислительной атмосфере, предложенной Н. И. Кашаевым с со-

авторами [2]. Способ включает в себя нагрев, выдержку и охлаждение в контролируемых условиях. Такой метод облагораживания повышает декоративность камня за счет увеличения яркости рисунка до темно-синего, почти черного, и ярко-оранжевого цветов, первоначально почти бесцветный фон при этом приобретает оттенок от нежно-розового до темно-вишнево-розового.

Образцы, обрабатываемые в газовых средах при атмосферном давлении, по скорректированной нами методике [4], укладываются в металлический контейнер объемом 2.5 л и засыпаются кварцевым песком. Песок используется в качестве инертного вещества, чтобы создавалась высокая тепловая инерция и обрабатываемый материал не испытывал термических напряжений. Затем контейнер ставится в большеобъемную муфельную печь КО-14. Время вывода на температурный режим – 24 ч. Образцы выдерживаются в течение определенного времени в режиме $300 \pm 5^\circ\text{C}$. Для поддержания окислительной атмосферы периодически через металлическую трубочку впрыскивается перекись водорода, которая при нагревании разлагается на кислород и воду в соответствии с реакцией $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$. После необходимой выдержки контейнер охлаждается в течение 24 ч. В результате экспериментов за счет окисления Fe^{2+} до трехвалентной формы образцы приобретают роскошные сердоликовые окраски.

Метод изобарно-изотермической выдержки при повышенных температурах и давлениях в контролируемых условиях (автоклавная методика) (рис. 4) требует применения аппаратуры высокого давления традиционно применяемой при гидротермальных исследованиях в области температур 100–600 °C и давлений от 100 до 1000 атм.

В результате проведенных экспериментов по изменению окраски агатов и халцедонов этим методом выяснено, что для агатов и халцедонов, окраска которых связана с примесными включениями окислов и гидроокислов железа (гетитом, гематитом и т.д.), эта методика является действенным методом облагораживания.

Экспонируются в коллекции облагороженные образцы желто-зеленых бериллов Шерловой горы, приобретающих после обработки аквама-риновые окраски. Представлена работа по за-лечиванию трещин в бериллах. Эксперименты с бериллом проводились при тех же параметрах $T=500^\circ\text{C}$ и $P=1000$ атм, но ввиду сложности системы происходило постепенное усложнение флюидной фазы с последовательным введением в нее кислот, солей и щелочей. В чисто водно-



Рис. 1. Фрагмент экспозиции облагороженных нефритов

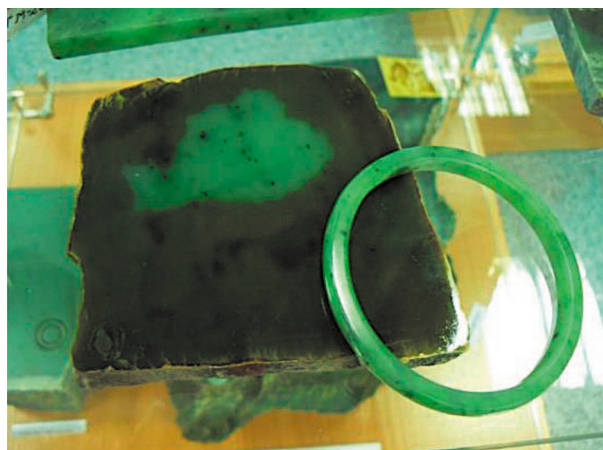


Рис. 2. Браслет из табачного, обработанного в восстановленном флюиде уланходинского нефрита на двухцветном яблочно-табачном образце

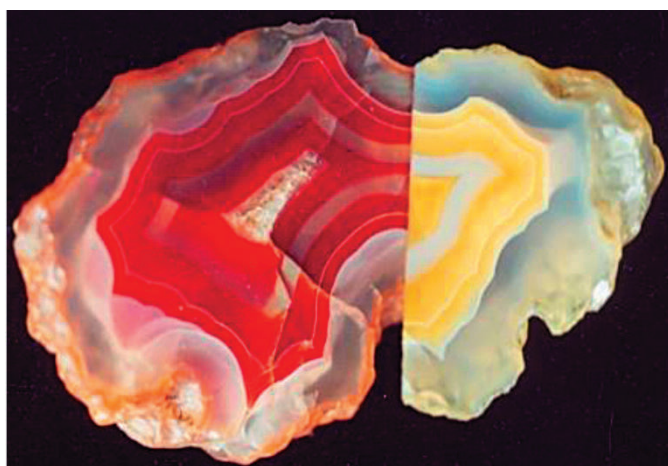


Рис. 3. Концентрически-зональный агат: справа – исходный, слева – термически обработанный

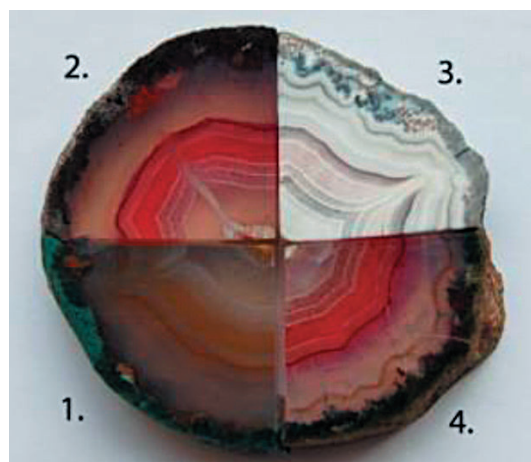


Рис. 4. Концентрически-зональный агат

1. Исходный; 2, 3 (автоклавная методика):
2. $T-300^{\circ}\text{C}$, $P-1000\text{ атм}$, $\text{H}_2\text{O}+10\% \text{ O}_2$;
3. $T-500^{\circ}\text{C}$, $P-1000\text{ атм}$, $\text{H}_2\text{O}+10\% \text{ H}_2$;
4. $T-300^{\circ}\text{C}$, P – атмосферное

водородной среде на поверхности берилла образовывался белый хлопьевидный налет хризоберилла Al_2BeO_4 с примесью кварца SiO_2 .

В результате термического воздействия наблюдалось характерное изменение окраски берилла с голубовато-зеленой, желтовато-зеленой на насыщенно-голубую, что обусловлено хромофорными центрами, связанными с вхождением Fe^{2+} ; Fe^{3+} в структуру берилла. Отдельная работа была посвящена облагораживанию шерловогорских бериллов (рис. 5). В данных экспериментах происходило восстановление железа ($\text{Fe}^{3+} \rightarrow \text{Fe}^{2+}$), что и стало причиной изменения окраски берилла. На основе полученных данных этой работы выявлена оптимальная методика, позволяющая улучшать сортность бериллов Шерловой горы.



Рис. 5. Аквамарины (справа), полученные методом автоклавной обработки желто-зеленых бериллов (слева). $T-500^{\circ}\text{C}$, $P-1000\text{ атм}$, $\text{H}_2\text{O}+10\% \text{ H}_2$

В экспериментах по заливанию трещин в бериллах, при отмеченных выше условиях начинается рост Ве-содержащих минералов (хризоберилла, бертрандита) на поверхности образцов. Имея близкие к бериллу показатели преломления, некоторые из вновь образованных фаз могут играть роль заполнителей трещин и значительно повышать декоративные свойства камня.

Подводя итоги данного исследования, можно констатировать, что для «простых» минеральных систем рассмотренный механизм «залечивания» трещин и пустот в минералах является действенным и дает положительные результаты. А для многокомпонентных систем требуются дополнительные исследования и индивидуальный подход к каждой минеральной системе.

На месторождении «Сиреневый камень» добывается значительное количество ювелирных и поделочных разновидностей чароитита с яркой фиолетовой и сиреневой окраской, привлекательной совершенной структурой и высоким содержанием чароита-минерала. Попутно с высоко-

качественным чароитом, извлекается большое количество сырья, которое по своим колориметрическим параметрам, механическим свойствам и эстетическим требованиям не соответствует критериям качества для камнерезной промышленности. Такое сырье нельзя отнести к высоким сортам камня. Поэтому, учитывая все эти данные: ограниченность запасов, существенная выработка качественного чароитита на уникальном, единственном в мире месторождении, возникает необходимость экспериментального исследования улучшения качества низкосортного камня.

Цветовое восприятие чароитита зависит от количества нахождения в породе самого чароита-минерала, от характера и количества сопутствующих (меланократовых и лейкократовых) минералов и от его структурно-текстурных особенностей.

В данной экспозиции представлены образцы прошедшие окрашивание органическими красящими веществами для приобретения устойчивой окраски чароитита (рис. 6, 7).

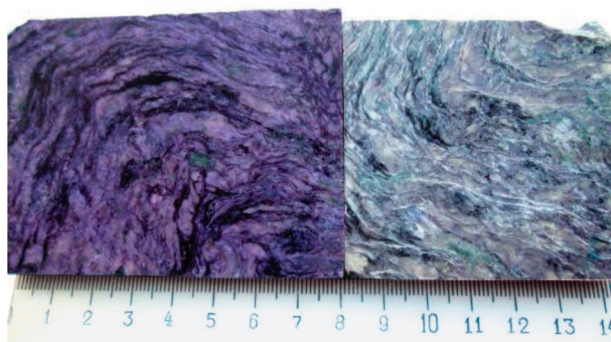


Рис. 6. Сланцевато-полосчатый чароитит: справа – исходный, слева – обработанный

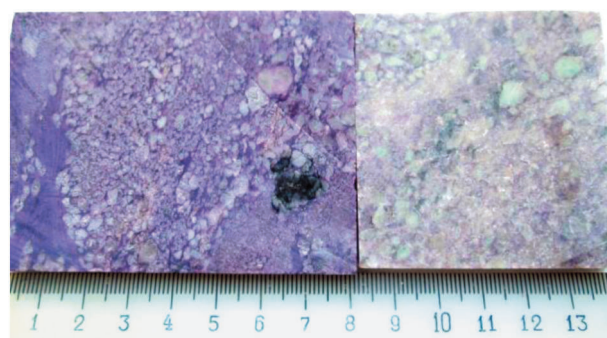


Рис. 7. Порфировидный чароитит: справа – исходный, слева – обработанный

Методика улучшения цветности некондиционного чароитита, заключающаяся в пропитке красящими веществами, относящимися к классу активных синтетических красителей, и последующем закреплении окраски во внутрипоровом пространстве камня, приемлема для реализации. Визуальные показатели цветовой характеристики облагороженного чароитита различных морфологических типов, позволяют сделать вывод о том, что приобретенная окраска становится близкой к лучшим разновидностям ювелирно-поделочного чароитового материала, устойчивой к бытовым агрессивным средам и привлекательной для потребителя. Процесс окрашивания образцов чароитита – это сложный многостадий-

ный процесс [1], включающий в себя подготовку камня к окрашиванию, сам процесс крашения, закрепления полученного результата и проверки устойчивости окраски к воздействию водно-щелочных растворов, солнечного света и механической обработке. Технологический цикл составляет от 20 до 40 дней.

Все каменные коллекции в отделе истории Института земной коры служат наглядным материалом при проведении лекционных и практических занятий со студентами Иркутского государственного университета (ИГУ) и Иркутского национального исследовательского технического университета (ИРНИТУ). Используя отдел как учебную аудиторию для занятий, удастся

значительно усилить восприятие излагаемого материала слушателями, так как многие экспонируемые образцы принимают непосредственное участие в лекционном процессе.

Аспиранты Института земной коры, начиная с первого года обучения в курсе обязательных лекций ведущих научных сотрудников института, получают возможность на примере экспозиций более детально ознакомиться с представляемыми научными направлениями. Пройдя по выставочным залам, вникнув в историю развития существующих в институте в настоящее время профильных геологических отделов, осознав, что отдел

истории – это наша память, будущие сотрудники более ответственно и заинтересовано ощущают себя в институтском научном сообществе. Именно от них зависит сохранение преемственности, которая позволит вовлечь уже имеющиеся в Институте коллекции и отдельные выставочные образцы в новые экспозиции, так как одной из главных функций отдела истории Института является не только сохранение, но и дальнейшее пополнение коллекций, и формирование новых. За счет новых разработок сотрудников, студенческих курсовых и дипломных работ экспозиция учебной коллекции расширяется.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александрова А. Ю., Иванова Л. А. Облагораживание поделочного чароита // Известия Сибирского отделения секции наук о Земле РАЕН, 2015. № 3 (52). С. 86–94.

2. А.с. 566621 СССР. Способ обработки поделочных камней группы халцедонов и изделий из них / Кашаев Н. И., Кокарев Г. Н., Никольская Н. В., Самойлович М. И. Оpubл. в Б.И.; 1977 б. № 28.

3. А.с. 1033584 СССР. Способ обработки природных камней и изделий из них / Медведев В. Я., Иванова Л. А. Оpubл. в Б.И.; 1983. № 29.

4. Иванова Л. А., Медведев В. Я. Природа окраски и методы облагораживания минералов: учебное пособие. Иркутск: ИрГТУ, 2013. 216 с.

5. Медведев В. Я., Иванова Л. А. Флюидный режим нефритообразования. Новосибирск: Наука, 1989. 129 с.