

Муниципальное общеобразовательное учреждение «Средняя
общеобразовательная школа № 2»
РФ, Челябинская область, Копейский городской округ

Геологическое объединение «Копейскит»

Всероссийский конкурс юных исследователей окружающей среды
«Открытия 2030»

Номинация: «Современная химия»

**«Окрашивание халцедона методом
пропитки солями металлов-хромофоров»**

Автор: Грекова Кристина Витальевна,
11 класс, МОУ «СОШ № 2»,

Руководитель:
Илёва Ольга Леонидовна, педагог
дополнительного образования МОУ
«СОШ №2»

2020 год

Содержание

Введение	3
1. Природа окраски самоцветов	4
2. Способы изменения окраски природных минералов	4
3. Характеристика халцедона и его разновидности	4
4. Облагораживание халцедона и агата	5
5. Описание Касаргинского каарьера	6
Практическая часть	7
Методика эксперимента	7
Результаты исследования	8
Выводы	10
Список источников и использованной литературы	11
Приложение	12

Введение

Проблема исследования: Человечество издавна научилось облагораживать, улучшать, изменяя характеристики камня. В настоящее время накоплен обширный опыт по изменению окраски самоцветов, но тонкости технологии окрашивания, условия осуществления этих процессов в большинстве случаев в печати не сообщаются или носят слишком общий характер.

Актуальность: В современном мире увеличивается спрос на недорогие ювелирные и декоративно-поделочные изделия из природного материала, поэтому облагораживание низкокачественного природного минерального сырья имеет большое значение. Облагороженное каменное сырье, в отличие от синтетического, считается природным, придавая ему более высокую ценность.

Гипотеза: Для окрашивания халцедона необходимо при обжиге создать температуру равную температуре разложения солей.

Объект исследования: Халцедон.

Предмет исследования: Окраска халцедона.

Цель: Выявление наиболее оптимальных условий окрашивания халцедона методом пропитки солями металлов-хромофоров, имитирующих природные процессы.

Задачи:

1. Изучить литературные и интернет-источники по окрашиванию природных каменных материалов.
2. Определить экспериментальным путем какие вещества лучше использовать для окрашивания халцедона методом пропитки.
3. Определить условия термообработки для окрашивания халцедона.
4. Посетить лабораторию химического факультета ЮУрГУ для проведения эксперимента по высокотемпературному обжигу халцедона.

Методы: теоретический анализ информационных источников, эксперимент, наблюдение, анализ и интерпретация результатов.

Место и сроки проведения: 2019-2020 год, лаборатории кабинета химии МОУ «СОШ № 2» и химического факультета ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)».

Практическая значимость: Изучение химизма и условий процесса окрашивания халцедона можно применить для других аналогичных по свойствам минералов. Эксперимент по окрашиванию халцедона показывает связь геологии с химией и может быть интересен учащимся.

Новизна работы: постановка эксперимента по окрашиванию и обжигу минералов проводилась без специального оборудования в химическом кабинете школы, а высокотемпературный обжиг в муфельной печи химического факультета ЮУрГУ.

1. Природа окраски самоцветов

Разнообразная окраска природных драгоценных камней с древних времён привлекала внимание естествоиспытателей. С началом изучения химического состава минералов (18-19 век) появилось понимание природы их окраски. Влияние химических элементов на окраску минералов отражено в геммологических трудах крупнейших минералогов П. Грота, К. Дельтера, А. Эплера, К. Клуге, Г. О. Вильда. В нашей стране изучению природы окраски минералов уделяли внимание А. Е. Ферсман, С. В. Грум-Гржимайло, Н. М. Меланхолин, А. С. Марфунин, А. Н. Платонов, М. Н Таран, В. П. Солнцев [2].

По современным представлениям природа окраски минералов объясняется: а) идиохроматическая окраска - наличием ионов переходных металлов - хромофоров (оптическим поглощением); б) аллохроматическая окраска - присутствием примесей ионов переходных металлов и окрашенных минералов; в) псевдохроматическая окраска - возникновением цветовых эффектов, явлениями интерференции, дифракции, рассеяния света [2]. Окраска как яркий признак лежит в основе диагностики самоцветов и приобретает главное значение при геммологических исследованиях [6].

2. Способы изменения окраски природных минералов

Для повышения художественно-декоративных качеств самоцветов с древних времён использовали искусственное изменение окраски с помощью нагревания или обработки уксусной кислотой, раствором мёда, медного купороса и др.

В 16-19 вв. стало обычным изменение цвета минералов методом обжига и пропитыванием кислотами и солями. В основе обжига - преобразование центров окраски при высоких температурах, подобно формированию самоцветов в природе [2]. Высокотемпературный обжиг применяют для обесцвечивания цирконов, получения синих цоизитов, цитрина из аметиста и мориона, придания сердоликовой окраски агатам. Окрашивание самоцветов с помощью неорганических реагентов связано с изменением химического состава, при этом происходит пропитывание окрашиваемого минерала и цветные химические реакции во внутрипоровом пространстве [2].

В 20 веке с открытием радиоактивности появился способ изменения окраски самоцветов под действием ионизирующего γ -облучения с образованием в кристаллах электронно-дырочных центров, валентных изменений ионов переходных металлов [2]. Этот способ используют для изменения окраски топаза, корунда, алмаза, кварца, берилла. Радиационная окраска неустойчива к воздействию температуры [9]. В настоящее время используют для изменения окраски самоцветов: пропитывание, термическое воздействие и облучение.

3. Характеристика халцедона и его разновидности

Халцедон - скрытокристаллическая тонковолокнистая разновидность кварца. Физические свойства: цвет белый, серый, желтый, коричневый, зеленый, красный, синий; черты нет, твёрдость 7, блеск восковый, матовый,

спайности нет, излом раковистый, сингония тригональная [3]. Содержание SiO_2 90-99%, вода, оксиды железа, алюминия, магния, кальция, никеля, марганца.

Входит в состав осадочных горных пород, яшм, кремнистых сланцев, диатомитов. Образуется при низкотемпературном гидротермальном процессе в виде натёков и почковидных образований в пустотах основных эффузивных пород, в горячих источниках, жилах, при выветривании силикатов, в корках выветривания, в элювиальных, делювиальных, аллювиальных россыпях [5].

Разновидности халцедона: сапфирин (синий), сердолик (красноватый), карнеол (красный), сардер (коричневый), хризопраз (зелёный), плазма (яблочно-зелёный), гелиотроп (тёмно-зелёный с красными крапинками), празем (изумрудный), оникс (с разноокрашенными полосами), агат (с полосчатым рисунком) [1]. На Урале известно около 30 месторождений халцедона и агата. Применяется как ювелирный, поделочный, технический камень.

4. Облагораживание халцедона и агата

Цвет - яркий признак драгоценных камней, поэтому его часто искусственно изменяют. **Облагораживание** – это специальные процессы обработки, приводящие к изменению цвета, чистоты, оптических эффектов камней [6].

Широко распространено искусственное окрашивание агата, халцедона, кахолонга, т.к. в природе эти минералы имеют серую, белую окраску, а популярны яркоокрашенные разновидности. Для искусственного окрашивания халцедона и агата применяют современные методы радиоактивного облучения, но чаще используется пропитка растворами. Обычные серые агаты и халцедоны окрашивают путем пропитывания растворами солей хрома, железа, никеля, кобальта, меди в комбинации с обжигом или обработкой кислотами и щелочами. В результате химических реакций во внутривещном пространстве они окрашиваются в зеленый, оранжевый, желтый, черный цвета, усиливается контрастность текстурного рисунка. Способность к окрашиванию различных полос агата зависит от сорбционных свойств, пористости, трещиноватости, толщины волокон, содержания воды, поэтому химические реагенты проникают на разную глубину. Белые полосы кварца не впитывают красящее вещество [7].

Высокотемпературный обжиг используют для усиления сердоликовой окраски, улучшения цвета сардеров, сардониксов. Чёрная и коричневая окраска достигается пропиткой агата в концентрированном сахарном сиропе или мёде и обработкой нагретой серной кислотой или нитратом кобальта. Синяя и голубая окраска придаётся халцедону и агату пропиткой насыщенным раствором ферроцианида калия и кипячением в железном купоросе; яблочно-зеленая окраска - растворами солей хрома, нитратом никеля с последующим нагреванием; красная окраска - пропиткой раствором нитрата железа с «отжигом», лимонно-желтый цвет - соляной кислотой с легким нагреванием. Жёлтые слои становятся красными при обезвоживании примесей гётита и переходе в красный гематит при 150°C [7].

В современной литературе описаны и другие способы окрашивания агатов - в растворе бихромата калия и серной кислоте, в водных растворах солей окрашивающих металлов [2], при высоком давлении и температурах в растворах щелочей, а затем в растворах солей (бихромат калия - зеленый, перманганат калия - коричневый, щавелевокислый никель - бирюзовый) [9].

Для облагораживания халцедона и агата применяются различные методы: проклейка, обжиг, облучение - хорошие результаты для голубовато-, зеленого халцедона; отбеливание - высокие результаты для сердолика, сардера; химическое окрашивание - высокие результаты для сердолика, сардера, голубого халцедона, низкие для голубовато-, зеленого халцедона [6].

Иногда для усиления цвета, скрытия дефектов проводят окрашивание поверхности органическими красителями, маслянистыми веществами, покрывают подкрашенными лаками, что является грубой фальсификацией. Действие органических красителей слабее, окраска оказывается неустойчивой.

5. Физико-географическая характеристика Касаргинского карьера

Озеро Касарги находится в 26 км от Челябинска (Приложение 1, рис. 1), вытянуто с Ю-З на С-В на 6 км, ширина 3,5 км, средняя глубина 4-5 м, максимальная до 9 м, вода солоноватая. Дно песчаное, местами илистое, с восточной стороны каменистое. На юго-западном берегу село Касарги, на восточном - базы отдыха [10], за ними находится Касаргинский щебёночный карьер (Приложение 1, фото 1), заложенный в массиве серпентинитов. Касаргинский массив приурочен к границе между Кочкарско-Адамовской и Касаргино-Рефтинской структурно-формационными зонами. Массив обнажен неравномерно, большая часть перекрыта мезо-кайнозойскими отложениями и скрыта под озером Касарги. Наилучшая обнаженность вдоль восточного берега, в южной части скальные выходы сложены ультраосновными породами, вскрываются на скальном участке в карьере площадью 300x200 м [8].

Высокий берег обнажен выходами магматических ультраосновных пород силурийского возраста. Позднее при метаморфизме из черных оливиновых, насыщенных железом и магнием горных пород образовались ярко-зеленые, с пятнисто-полосчатой, петельчатой текстурой серпентиниты. В коре выветривания от твердых змеевиков сохранились редкие останцы, а стойкий халцедон в виде тонковолокнистого, гелеподобного вещества остался, заполнив пустоты трещин, полостей, каверн, оставшиеся от твердых пород [4].

Карьером вскрыта глинистая кора выветривания с обильными прожилками халцедона с полостями, инкрустированными кристалликами кварца. Халцедон с кварцем образуют блестящие корочки размером 3x5 см и более. Халцедон образует плотные массивные и агатоподобные, ониксовидные светлые агрегаты - белые, бежевые, светло-коричневатые, рисунчатые [5]. Декоративные образцы с корочками халцедона, щетки горного хрусталя находятся среди глинистой коры выветривания, более часто встречаются на верхних горизонтах карьера.

Практическая часть

Для проведения эксперимента по окрашиванию мы решили использовать халцедон месторождений Челябинской области и посетить осенью 2019 года для отбора образцов Касаргинский щебёночный карьер. Окрашивание халцедона проводили в химическом кабинете МОУ «СОШ № 2» с последующим обжигом при температуре 150°C. В 2020 году эксперимент по дополнительному обжигу халцедона после окрашивания проводили в лаборатории химического факультета ЮУрГУ при температуре 500-800°C.

Методика эксперимента

Экспериментальное оборудование: лабораторные весы ВГУ-1, фильтры, лопаточка для взвешивания, химические стаканы 100 мл, стеклянные палочки, электрическая плитка, вытяжной шкаф, сушильный шкаф, термометр.

Химические реактивы: бихромат и хромат калия, сульфаты никеля, меди (II), нитраты кобальта, железа (III), гексацианоферрат (II) калия, перманганат калия, гидрокарбонат и гидроксид калия, борная кислота

1 этап. Отбор образцов халцедона

В октябре 2019 года побывали на Касаргинском щебёночном карьере (Приложение 1, фото 1, 3) и в коре выветривания серпентинитовых пород нашли прожилки халцедона (Приложение 1, фото 2), отобрали около 50 образцов различных размеров от 1 до 24 см (Приложение 1, фото 4, 5, 6).

2 этап. Подготовка образцов для окрашивания

Для эксперимента по окраске мы использовали серые полупрозрачные образцы халцедона размером от 1 до 3 см, выбранные образцы промыли, просушили, для удаления влаги из пор прокалили при температуре 100°.

3 этап. Химическое травление образцов халцедона

После подготовки провели травление образцов халцедона 40% раствором щёлочи при нагревании в течение 2 часов на электрической плите до 100° (Приложение 2, фото 7), в течении часа промыли от щёлочи под проточной водой, халцедон в образцах стал чистым, белым (Приложение 2, фото 8).

Обработка щелочью нужна для получения глубокой окраски бесцветного халцедона, что улучшает его художественно-декоративные свойства, а также для освобождения межкристаллических полостей от опала для лучшей окраски.

4 этап. Окрашивание халцедона и агата солями металлов – хромофоров.

1. Для приготовления насыщенных растворов солей металлов-хромофоров использовали химические реактивы кабинета химии: взвесили необходимое количество вещества, растворили в воде (Приложение 2, фото 9, 10).

2. В растворы помещали по 2 образца халцедона и кипятили 2 часа при 100°, подливая воду до 50 мл. Нагревали в стаканчиках емкостью 150 мл в вытяжном шкафу на лабораторной плитке в кабинете химии (Приложение 2, фото 11).

3. После нагревания халцедон в течении часа промыли от растворов солей под проточной водой, затем высушили при комнатной температуре.

4. Проводили термообработку в сушильном шкафу 2 часа при температуре 100-150° С (Приложение 2, фото 12).

5 этап. Окрашивание в лаборатории химического факультета ЮУрГУ

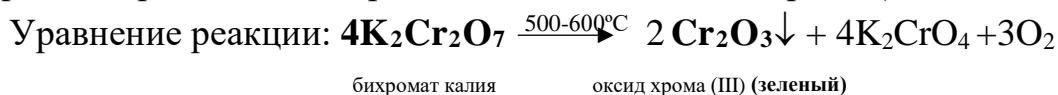
В феврале 2020 году перед окрашиваем халцедона провели после выщелачивания дополнительный обжиг при 800° в муфельной печи лаборатории химического факультета ЮУрГУ с целью удаления примесей. Чтобы подтвердить предположение, что термообработку при окрашивании нужно проводить в соответствии с температурами разложения солей металлов хромофоров, провели после окрашивания растворами сульфатами меди (II) и никеля, бихроматом калия обжиг образцов при 500-800°С в течение 1,25 часа в муфельной печи химического факультета ЮУрГУ (приложение 3, фото 13, 14, 15).

6 этап. Составление коллекции.

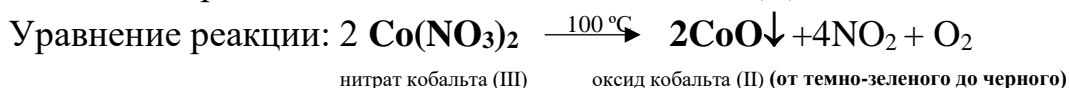
Для наглядного показа результатов нашей работы была составлена коллекция (Приложение 3, фото 16, 17).

Результаты эксперимента по окрашиванию халцедона (Приложение 4)

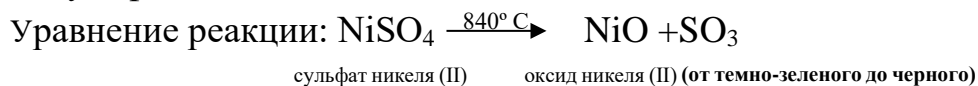
1) После кипячения в растворе бихромата калия $K_2Cr_2O_7$ халцедоны (фото 18, 19, 22, 25) стали желтоватого цвета (фото 20, 23), после обжига до 150°С в течение 2 часов халцедон не изменился (фото 21, 24), а в присутствии сахара или борной кислоты как восстановителя, халцедон стал темно-зеленым (фото 26, 27). После обжига при 500-800° в течение 1,25 часа халцедон, окрашенный раствором бихромата калия стал светло-зеленого цвета (фото 28, 29, 30, 31). Во внутривещном пространстве происходит пропитка бихроматом калия, при обжиге реакция разложения. Красящее вещество оксид хрома (III).



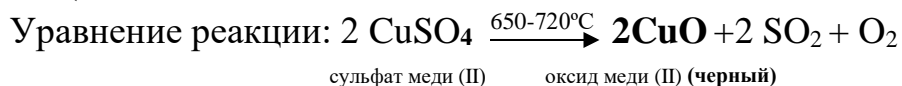
2) После кипячения в растворе нитрата кобальта $Co(NO_3)_2$ образцы халцедона (фото 32, 33) не изменились, а после нагревания до 150°С в течение 2 часов стали приобрели черный цвет (фото 34). Во внутривещном пространстве происходит пропитка нитратом кобальта, а при обжиге его разложение. Красящее вещество оксид кобальта (II).



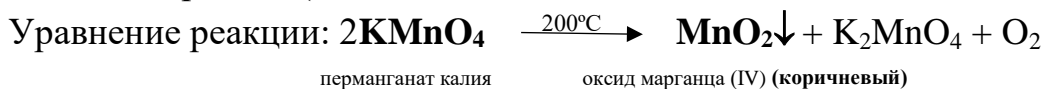
3) После кипячения в растворе сульфата никеля $NiSO_4$ образцы халцедона (фото 35, 36) приобрели зеленоватый оттенок (фото 37), после нагревания до 150°С в течение 2 часов цвет халцедона сохранился (фото 38), после обжига при 800°С халцедон стал зеленым (фото 39). Во внутривещном пространстве происходит пропитка сульфатом никеля, при обжиге до 800° его разложение. Красящее вещество сульфат никеля.



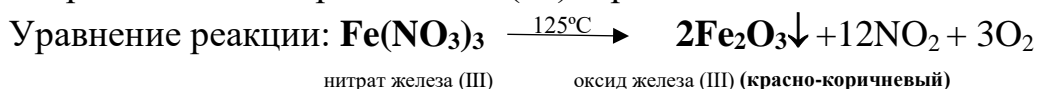
4) После кипячения образцов халцедона (фото 40, 41) в растворе сульфата меди (II) CuSO₄ халцедон в трещинах он стал голубой (фото 42), после нагревания до 150°C в течение 2 часов цвет сохранился (фото 43), а со временем позеленел, при обжиге до 700°C стал черным (фото 44). Во внутрипоровом пространстве происходит пропитка красящим веществом сульфатом меди (II), при обжиге до 700° его разложение. Красящее вещество – сульфат меди (II).



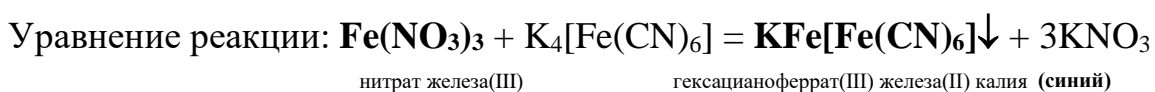
5) После кипячения в растворе перманганата калия KMnO₄ образцы халцедона (фото 45, 46) окрасились в красновато-коричневый цвет (фото 47), после нагревания до 150°C в течение 2 часов халцедон стали коричневого цвета (фото 48). Во внутрипоровом пространстве происходит пропитка перманганатом калия, а при обжиге реакция его разложения. Красящее вещество оксид марганца (IV).



6) После кипячения в растворе нитрата железа (III) Fe(NO₃)₃ образцы халцедона (фото 49, 50) приобрели цвет охры (фото 51), после нагревания до 150°C в течение 2 часов цвет не изменился (фото 52). После обжига при 500-800° в течение 1,25 часа халцедон стал красно коричневого цвета (фото 63). Во внутрипоровом пространстве происходит пропитка нитратом железа (III), затем разложение нитрата железа (III). Красящее вещество – оксид железа (III).

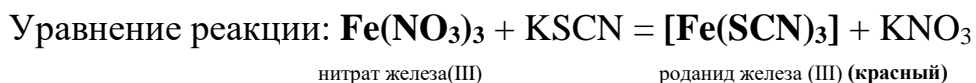


7) После кипячения в растворе нитрата железа (III) Fe(NO₃)₃ образцы халцедона (фото 53, 54) приобрели жёлто-коричневый цвет, при последующем кипячении в растворе гексацианоферрата (II) калия K₄[Fe(CN)₆] в течение 2 часов халцедон стал голубоватого цвета (фото 55) и после термообработки до 150°C халцедон в трещинах стал синим (фото 56). После обжига при 500-800° в течение 1,25 часа халцедон стал сине-красного цвета (фото 64). Внутри пор происходит пропитка нитратом железа (III) Fe(NO₃)₃, а затем в растворе гексацианоферрата (II) калия K₄[Fe(CN)₆] образуется гексацианоферрат (III) железа (II) калия. Красящее вещество - гексацианоферрат (III) железа (II) калия.



8) После кипячения в растворе нитрата железа (III) Fe(NO₃)₃ образцы халцедона (фото 57, 58) стали жёлто-коричневого цвета, при последующем кипячении в растворе роданида калия KSCN получили красноватый оттенок,

после нагревания до 150°C в течение 2 часов красновато-коричневый цвет (фото 59). После обжига при 500-800° в течение 1,25 часа халцедон стал темно-красного цвета (фото 65). Внутри пор происходит пропитка нитратом железа (III) $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$, а в растворе роданида калия KSCN образование роданида железа (III). Красящее вещество – роданид железа (III).



9) После кипячения в растворе хромата калия KCrO_4 халцедон (фото 60) стал желтого цвета (фото 61), после обжига до 150°C - ярко-желтого цвета (фото 62). Во внутрипоровом пространстве происходит пропитка хроматом калия, при обжиге он не разлагается (плавится без разложения при 968°). Красящее вещество - хромат калия.

Обсуждение результатов исследования

В результате эксперимента получили:

а) совпадение с литературными данными при окрашивании халцедона растворами солей металлов-хромофоров с последующей термообработкой до до 150° - перманганата калия (*коричневый*), нитрата кобальта (*черный*), нитрата железа (III) (*красно-коричневый*), нитрата железа (III) с гексацианоферратом (II) калия (*синий*), с роданидом калия (*красно-коричневый цвет*), бихроматом калия в присутствии сахара или борной кислоты (*зелёный цвет*)

б) не совпадение с литературными данными при окрашивании халцедона и агата растворами сульфатов меди (II) и никеля, бихромата калия при обжиге до 150°C, т.к. температура разложения солей 500-800°C. Во внутрипоровом пространстве происходит пропитка растворами сульфатов никеля и меди (II), бихромата калия, они вымываются из пор.

в) После дополнительного обжига при 500-800° в течение 1,25 часа халцедон, окрашенный раствором бихромата калия стал светло-зеленого цвета, раствором сульфата меди (II) - черного цвета, сульфата никеля – зеленого цвета, нитратом железа (III) - красно-коричневого цвета, с гексацианоферратом (II) калия - сине-красного цвета, с роданидом калия - темно-красного цвета, окраска устойчивая.

Выводы

1) По литературным данным окрашивание каменных материалов используется давно, но информация об условиях окрашивания в официальных источниках неполная.

2) Халцедон Касаргинского карьера образовался в природных условиях при гидротермальном процессе в трещинах ультраосновных оливиновых пород, метаморфизованных в серпентинит.

3) Для окрашивания халцедона лучше использовать метод пропитки солями переходных металлов-хромофоров, разлагающихся при нагревании.

4) Обжиг после пропитки растворами солей металлов хромофоров нужно проводить при нагревании в соответствии с их температурами разложения. Таким образом, в процессе эксперимента цель выявления наиболее оптимальных условий окрашивания халцедона методом пропитки солями металлов-хромофоров, имитирующих природные процессы была достигнута.

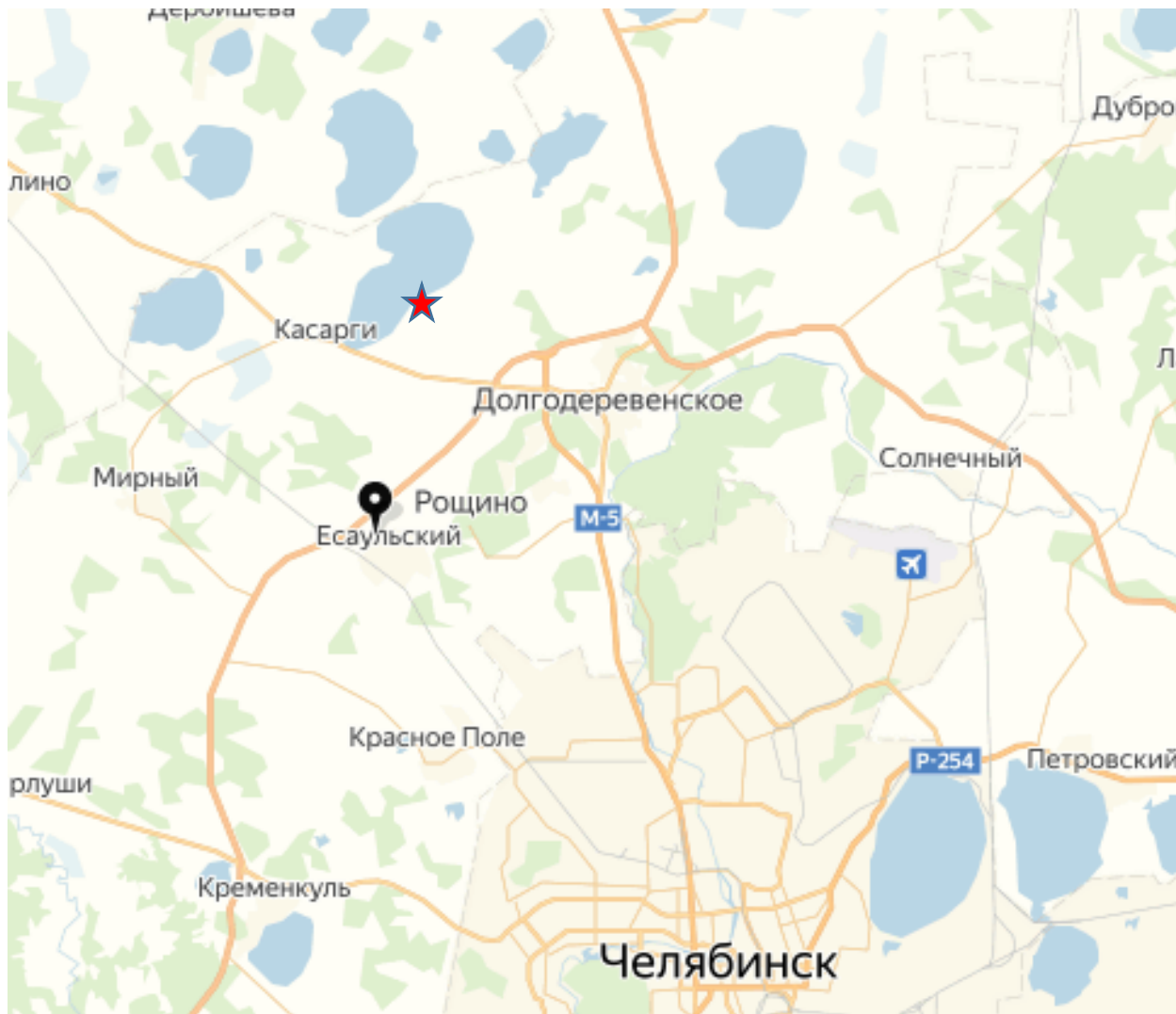
Гипотеза, что для окрашивания халцедона необходимо при обжиге создать температуру равную температуре солей разложения подтвердилась.

Перспективы: В дальнейшем эксперименте можно использовать химические реактивы не только чистоты «ХЧ» (химически чистый), но и «тех.» (технический). Процесс окрашивания можно применить и для других аналогичных по свойствам минералов.

Список источников и литературы

1. Краткий геологический словарь для школьников /под ред. Г.И. Немкова, М.: Недра, 1989
2. Платонов А.Н., Таран М.Н., Балицкий В.С. Природа окраски самоцветов. М.: Недра, 1984
3. Солодова Ю.П., Андреев Э.Д., Гранадчикова Б.Г., Определитель ювелирных и поделочных камней/ Справочник/ М.: Недра, 1985
4. Колисниченко С. Цветная палитра Урала. Халцедон [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://www.uralstalker.com/uarch/us/2018/12/24/>
5. Минералы и месторождения России и стран ближнего зарубежья [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://webmineral.ru/deposits/item>.
6. Облагораживание драгоценных камней. Часть 2 МГУ им. Ломоносова. Геммологический центр [Электронный ресурс]: <http://www.gem-center.ru/gem-treatment-part2.htm>
7. Окраска агатов [Электронный ресурс]: <http://www.catalogmineralov.ru/article/>
8. Савельев Д.Е. Фрагмент офиолитовой ассоциации в районе озера Касарги (Восточно-Уральская мегазона, северная часть Южного Урала)/ Сб «Вестник Пермского университета. Геология» /Петрология. Вулканология/ Вып. 1(22) 2014 Институт геологии Уфимского научного центра РАН, [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://geology-vestnik.psu.ru/index.php/geology>
9. Способ окраски природных минералов группы халцедона [Электронный ресурс]: http://www.ntpo.com/techno/techno1_13/jeweller_55.shtml
10. ЧелСити. Касарги (озеро). [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://челсити.рф/озера-и-реки/озера/1830-касарги-озеро>

Приложение 1. Касаргинский щебеночный карьер



★ Касаргинский щебёночный карьер

Рис. 1. Топографическая карта Челябинска М 1:300 000



Фото 1. Касаргинский щебёночный карьер

фото 2. Прожилки халцедона

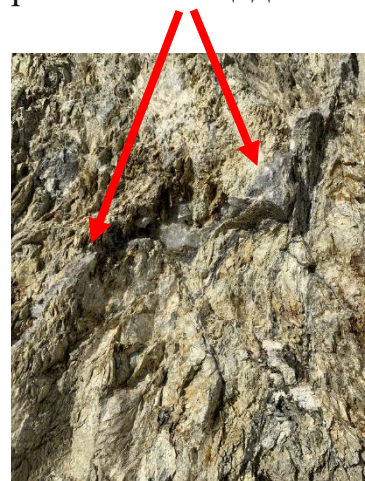


Фото 3. Поиски халцедона на Касаргинском карьере

Фото 4. Халцедон



Фото 5. Халцедон в породе

Фото 6. Коллекция халцедона Касаргинского карьера

Приложение 2. Фотоматериалы проведения эксперимента по окрашиванию



Фото 7. Химическое травление образцов



Фото 8. Образцы халцедона после выщелачивания



Фото 9. Взвешивание веществ для приготовления растворов



Фото 10. Приготовление растворов для окрашивания

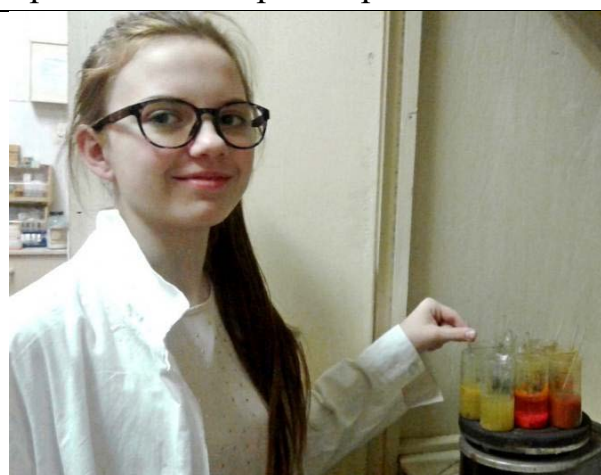


Фото 11. Нагревание насыщенных растворов хромофоров с образцами халцедона на электрической плите в вытяжном шкафу



Фото 12. Термообработка окрашенных образцов халцедона в сушильном шкафу

Приложение 3. Работа в лаборатории химического факультета ЮУрГУ



Фото 13. Муфельная печь в химической лаборатории ЮУрГУ



Фото 14. Нагревание халцедона в муфельной печи



Фото 15. Образцы халцедона после обжига при 800°



Фото 16. Коллекция результатов экспериментальной работы



Фото 17. Коллекция результатов экспериментальной работы

Приложение 4. Результаты эксперимента по окрашиванию халцедона

			
<p>Фото 18. Образец халцедона</p>	<p>Фото 19. Образец халцедона после обработки КОН</p>	<p>Фото 20. Образец халцедона после пропитки $K_2Cr_2O_7$</p>	
			
<p>Фото 21. Образец халцедона после термообработки при 150°</p>	<p>Фото 22. Образцы халцедона, после обработки КОН</p>	<p>Фото 23. Образцы халцедона, после пропитки бихроматом калия $K_2Cr_2O_7$</p>	
			
<p>Фото 24. Образцы халцедона, после термообработки</p>	<p>Фото 25. Образцы халцедона, после обработки КОН</p>	<p>Фото 26. Образцы халцедона после обработки $K_2Cr_2O_7$ с сахаром</p>	
			
<p>Фото 27. Образец халцедона после окраски бихроматом калия с борной кислотой</p>	<p>Фото 28. Образцы халцедона после окраски бихроматом калия и термообработки 800°</p>	<p>Фото 29. Образцы халцедона после окраски бихроматом калия с сахаром и обжиге при 800°</p>	<p>Фото 30. Образец халцедона после пропитки бихроматом калия с борной кислотой и обжиге до 700°</p>

 <p>Фото 31. Образец халцедона после обжига при 800°</p>	 <p>Фото 32. Образцы халцедона</p>	 <p>Фото 33. Образцы халцедона после обработки КОН</p>
 <p>Фото 34. Образцы халцедона после пропитки нитратом кобальта $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$</p>	 <p>Фото 35. Образцы халцедона</p>	 <p>Фото 36. Образцы халцедона после обработки КОН</p>
 <p>Фото 37. Образцы халцедона после пропитки сульфатом никеля NiSO_4</p>	 <p>Фото 38. Образец халцедона после пропитки сульфатом никеля и обжига</p>	 <p>Фото 39. Образец халцедона после пропитки сульфатом никеля и термообработки при 700°</p>
 <p>Фото 40. Образцы халцедона</p>	 <p>Фото 41. Образцы халцедона после обработки КОН</p>	 <p>Фото 42. после пропитки сульфатом меди (II) CuSO_4</p>
 <p>Фото 43. Образцы халцедона после пропитки сульфатом меди (II) и обжига</p>	 <p>Фото 44. Образцы халцедона после пропитки сульфатом меди (II) и термообработки при 700°</p>	 <p>Фото 45. Образцы халцедона</p>

		
<p>Фото 46. Образцы халцедона после обработки КОН</p>	<p>Фото 47. Образцы халцедона после пропитки перманганатом калия KMnO_4</p>	<p>Фото 48. Образцы халцедона после пропитки перманганатом калия KMnO_4 и обжига</p>
		
<p>Фото 49. Образец халцедона</p>	<p>Фото 50. Образцы халцедона после обработки КОН</p>	<p>Фото 51. Образцы халцедона после пропитки нитратом железа (III)</p>
		
<p>Фото 52. Образцы халцедона после пропитки нитратом железа (III) и отжига</p>	<p>Фото 53. Образцы халцедона.</p>	<p>Фото 54. Образцы халцедона, после обработки КОН</p>
		
<p>Фото 55. Образцы халцедона после пропитки гексацианоферратом (II) калия с нитратом железа</p>	<p>Фото 56. Образцы халцедона после пропитки гексацианоферратом (II) калия с нитратом железа и обжига</p>	<p>Фото 57. Образцы халцедона</p>
		
<p>Фото 58. Образцы халцедона после обработки КОН</p>	<p>Фото 59. Образцы халцедона После пропитки роданидом калия KSCN с нитрата железа (III) $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ и обжига</p>	<p>Фото 60. Образцы халцедона. После обработки КОН</p>

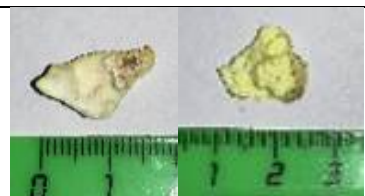


Фото 61. Образцы халцедона после пропитки KCrO_4

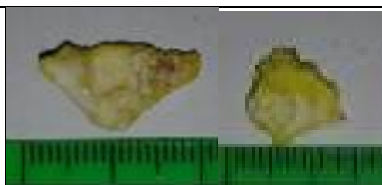


Фото 62. Образцы халцедона после окраски хроматом калия и термообработки



Фото 63. Образцы халцедона после окраски нитратом железа (III) и термообработки при 800°



Фото 64. Образцы халцедона после окраски нитратом железа (III) с гексоцианофератом калия и обжиге при 800°



Фото 65. Образцы халцедона после окраски нитратом железа (III) с роданидом калия и термообработки при 800°