

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ДЛЯ ОБРАЗОВАНИЯ И РОСТА СИЛИКАТНЫХ И ЦИАНОФЕРАТНЫХ «ВОДОРОСЛЕЙ»

Корнева С.А.

*п. Онохой, Республика Бурятия, МБОУ «Онохойская СОШ №2», 9 класс*

*Руководитель: Кунгурова И.А., п. Онохой, Республика Бурятия, МБОУ «Онохойская СОШ №2», учитель биологии и химии высшей квалификационной категории*

Актуальность темы: Заинтересовавшись вопросом многообразия кристаллов в природе, работая над проектом, мы попытались познакомиться с существующими методиками выращивания кристаллов в лабораторных условиях и внести в них свои коррективы, выяснив условия, влияющие на рост кристаллов.

Цель работы: вырастить кристаллы, в результате взаимодействия раствора силикатного клея и гексацианоферрата калия с солями различных металлов.

Задачи исследовательской работы:

1. Получить кристаллы в результате взаимодействия солей с силикатным клеем и гексацианоферратом калия.

2. Выявить зависимость роста кристаллов от выбранного раствора, его концентрации, температуры и состава взятой соли

3. Выяснить, как условия выращивания влияют на рост кристаллов.

Гипотеза: можно вырастить кристаллы различной окраски и формы в результате взаимодействия растворов различных солей

Объект исследования: физико-химические закономерности процесса кристаллизации

Предмет исследования: кристаллы.

Для решения поставленных задач в процессе исследования использовались следующие методы:

1. Теоретический (изучение и анализ литературы, постановка целей и задач).

2. Экспериментальный (постановка химических опытов).

3. Эмпирический (наблюдения, описание и объяснения результатов эксперимента).

Практическая значимость заключается в систематизации сведений о способах выращивания кристаллов.

Оборудование и реактивы:

· весы, химическая посуда (стаканчики, воронки, колбы), штативы, дистиллированная вода, соли (хлориды различных металлов), стеклянные палочки, силикатный клей и желтая кровяная соль.

### 1. Немного истории

С кристаллами человечество познакомилось в глубокой древности. Связано это,

в первую очередь, с их часто реализующейся в природе способностью самоограничаться, т. е. самопроизвольно принимать форму изумительных по совершенству полиэдров. Даже современный человек, впервые столкнувшись с природными кристаллами, чаще всего не верит, что эти многогранники не являются делом рук искусного мастера. Три столетия подряд кристаллография находилась далеко впереди всех прочих областей естествознания. Свой закон целочисленных отношений Гаюи вывел на основе первого каталога кристаллов, составленного другим французским исследователем Роме де Лилем. В 1783 г. этот каталог содержал описания 500 кристаллических веществ. Но еще в начале XVII века Кеплер, а позднее Ньютон, Гюйгенс и Ломоносов независимо друг от друга объясняли форму и оптические свойства кристаллов упорядоченным расположением составляющих частиц, для которых тогда не было даже общепринятого термина. Все различные законы таких расположений были выведены в 1891 году нашим замечательным соотечественником, родоначальником современной кристаллографии Е. С. Федоровым (1853-1919). Правильные формы кристаллических многогранников легко объясняются в рамках этих законов. И сами эти законы настолько красивы, что не раз служили основой для создания произведений искусства.

### 2. М.В. Ломоносов и кристаллография

Внимание Ломоносова привлекала кристаллография – наука о строении физических свойствах и образовании кристаллов. Еще на севере он наблюдал, процессы кристаллизации поваренной соли при ее выварке, интересовался распадающимися кусочками слюды, которую добывали на побережье Белого моря. Затем, занимаясь минералогией, Ломоносов обратился к изучению структуры кристаллов, стремясь установить зависимость между их формой, физико-химическими свойствами, качеством руд и характером технологических процессов. В ряде своих работ, но главным образом диссертации «О рождении и природе селитры», ученый изложил важные идеи о строении кристаллов и их природе.

Он сформулировал закон постоянства углов кристаллов для различных кристаллических веществ, причем это «постоянство фигуры» служило для него и характеристикой физических и химических качеств. Перечисляя различные способы образования кристаллов, Ломоносов рассматривает их как проявление единого общего процесса, в котором «многообразная натура» раскрывает себя в обилии «различий и новых произведений». Мысли Ломоносова о природе кристаллов близки, а подчас и идентичны идеям ученых – минералогов и кристаллографов XIX – XX вв.

### 3. Кристаллы – что это?

Слово «кристалл» – греческое (κρῖσταλλος), исходное его значение – «лед». Однако уже в античное время этот термин был перенесен на прозрачные природные многогранники других веществ (кварца, кальцита и т. п.), так как считалось, что это тоже лед, получивший в силу каких-то причин устойчивость при высокой температуре. В русском языке это слово имеет две формы: собственно «кристалл», означающее возникшее естественным путем многогранное тело, и «хрусталь» – особый сорт стекла с высоким показателем преломления, а также прозрачный бесцветный кварц («горный хрусталь»).

Кристаллов в природе существует великое множество и так же много существует различных форм кристаллов. В реальности, практически невозможно привести определение, которое подходило бы ко всем кристаллам. Во всех без исключения кри-

сталлических постройках из атомов можно выделить множество одинаковых атомов, расположенных наподобие узлов пространственной решетки.

Сегодня уже нет сомнений в том, что кристаллы растут из паров, расплавов и из слабо пересыщенных растворов.

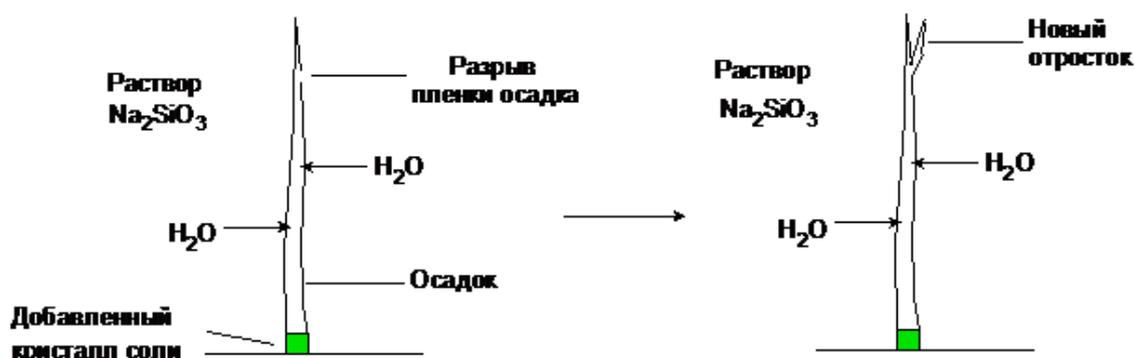
Выращивание кристаллов – это искусство. Немного настойчивости, упорства, аккуратности, и вы станете обладателями красивых кристаллов.

Самый простой, но очень важный метод – выращивание кристаллов из растворов.

### Экспериментальная часть

Опыт №1. Коллоидный сад или «силикатные водоросли» [Приложение 1]

В пробирки налили по 5 мл силикатного клея, разбавив его водой в соотношении 1:1. В каждую пробирку добавили по 0,1 г солей меди, железа, никеля и алюминия. Наблюдали рост «химических водорослей», которые состоят из нерастворимых силикатов металлов и напоминают настоящие нитчатые водоросли. Цвет водорослей зависит от металла. Через 15-20 минут в стакане появятся «заросли», напоминающие деревья или водоросли. Из кристалла опущенной соли вытягивается тоненькая полая трубочка, стенки которой состоят из образующегося осадка. Трубочка представляет собой полупроницаемую мембрану, через которую вода поникает во внутрь. Наблюдается осмос- одностороннее перемещение вещества через полупроницаемую мембрану. В результате этого в некоторых местах трубочка рвется. Вновь образуется осадок.



По секундомеру засекали время начала роста кристаллов.

№	Соль	Начало роста кристалла	Уравнение реакции	Признаки реакции
Соли легких металлов				
1	AlCl <sub>3</sub>	С 9 секунд	$3\text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2\text{AlCl}_3 \rightarrow \text{Al}_2(\text{SiO}_3)_3 \downarrow + 6\text{NaCl}$	«Водоросли» белого цвета

окончание табл.				
№	Соль	Начало роста кристалла	Уравнение реакции	Признаки реакции
2	MgCl <sub>2</sub>	С 15 секунд	$\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{MgCl}_2 \rightarrow \text{MgSiO}_3\downarrow + 2\text{NaCl}$	«Водоросли» белого цвета
3	BaCl <sub>2</sub>	С 25 секунд	$\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{BaCl}_2 \rightarrow \text{BaSiO}_3\downarrow + 2\text{NaCl}$	«Водоросли» белого цвета
Соли тяжелых металлов				
4	CuCl <sub>2</sub>	С 12 секунд	$\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{CuCl}_2 \rightarrow \text{CuSiO}_3\downarrow + 2\text{NaCl}$	«Водоросли» зеленого цвета
5	MnCl <sub>2</sub>	С 7 секунд	$\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{MnCl}_2 \rightarrow \text{MnSiO}_3\downarrow + 2\text{NaCl}$	«Водоросли» бледно-розового цвета
6	FeCl <sub>3</sub>	С 1 секунды	$3\text{Na}_2\text{SiO}_3 + 2\text{FeCl}_3 \rightarrow \text{Fe}_2(\text{SiO}_3)_3\downarrow + 6\text{NaCl}$	«Водоросли» коричневого цвета
7	NiCl <sub>2</sub>	С 13 секунд	$\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{NiCl}_2 \rightarrow \text{NiSiO}_3\downarrow + 2\text{NaCl}$	«Водоросли» зеленого цвета

Из данных таблицы видно, что начало роста «силикатных водорослей» зависит от металла входящего в состав соли. Силикаты железа, марганца и алюминия начали расти достаточно быстро. А силикаты магния,

меди и никеля не очень. Позднее всех начали расти кристаллы силиката бария.

В течение 10 минут замеряли высоту растущих кристаллов и данные заносили в таблицу.

Соли	Высота кристаллов исследуемых солей (мм)						Характеристика выросшего кристалла
	через 1 мин	через 2 мин	через 3 мин	через 4 мин	через 5 мин	через 10 мин	
AlCl <sub>3</sub>	24 мл	29 мл	35 мл	40 мл	40 мл	40 мл	Нить белого цвета, росла по стенке, сломалась и всплыла
MgCl <sub>2</sub>	8 мл	14 мл	15 мл	16 мл	17 мл	25 мл	Крупные «водоросли» переходят в множество тонких
BaCl <sub>2</sub>	2 мл	3 мл	4 мл	4 мл	5 мл	5 мл	Белый, маленький кристалл
CuCl <sub>2</sub>	5 мл	6 мл	7 мл	9 мл	10 мл	22 мл	От основной массы растут длинные кристаллы
MnCl <sub>2</sub>	7 мл	10 мл	10 мл	11 мл	12 мл	23 мл	От сгустка отходят очень тонкие, бледно-розовые нити
FeCl <sub>3</sub>	26 мл	28 мл	Сломался				Коричневые, тонкие кристаллы быстро растут, ветвятся и обламываются
NiCl <sub>2</sub>	1 мл	9 мл	11 мл	13 мл	14 мл	24 мл	От зеленого сгустка отходит толстый кристалл переходящий в тонкий

По данным таблицы видно, что лучше всего рост наблюдался при опускании в силикатный клей кристалликов солей

алюминия и железа. Остальные легкие металлы росли очень медленно, а тяжелые быстрее.

**Опыт №2. Выявление зависимости роста кристаллов от концентрации раствора силикатного клея [Приложение № 2]**

Характеристики	Концентрация раствора силикатного клея				
	100%	75%	50%	25%	5%
Начало кристаллизации	Во всех пробирках «химические водоросли» начали расти сразу после опускания кристалликов солей в силикатный клей				
Высота кристалла через 5 минут	Кристаллики соли плавают на поверхности роста кристаллов не происходит	45 мм	50 мм	35 мм	15 мм
характеристика выросшего кристалла		трубчатые бурно ветвящиеся образования коричневого цвета до дна не упали	тонкие коричневые нити по всему объему пробирки и сгустки на поверхности клея	плотные трубчатые образования коричневого цвета на дне пробирки	Единичные, светло-коричневые желеобразные, тонкие нити

В пять пробирок налили по 5 мл силикатного клея разной концентрации и опустили в каждую по 0,1 г соли железа. В течение 5 минут наблюдали за ростом кристаллов.

Следовательно, наиболее благоприятные условия для роста кристаллов – это растворы клея 50 и 75%.

**Опыт №3. Выявление зависимости роста кристаллов от температуры раствора силикатного клея [Приложение № 3]**

Поочередно нагревали 50% раствор силикатного клея до определенной температуры, опускали в него кристаллики соли железа и наблюдали за процессом кристаллизации. Результаты наблюдений занесли в таблицу.

Характеристики	Температура раствора силикатного клея				
	28°C	35°C	45°C	55°C	70°C
Начало кристаллизации	Во всех пробирках «химические водоросли» начали расти сразу после опускания кристалликов солей в силикатный клей				
Высота кристалла через 5 минут	22 мм	24 мм	50 мм за 5 секунд	25 мм	15 мм
характеристика выросшего кристалла	трубчатые	трубчатые	нитчатые многочисленные	трубчатые	трубчатые

Вывод: наиболее благоприятной температурой для роста кристалла из соли железа является раствор силикатного клея температурой 45°C. При повышении температуры раствора от комнатной до 45°C наблюдается усиление процесса кристаллизации, а при нагревании раствора до более высоких температур рост кристаллов замедляется.

**Опыт №4. Цианоферратные кустарники М.В. Ломоносова**

Изумительные «растения», похожие на нитевидные «водоросли» или ветки «подводного кустарника», вырастают в сосудах при взаимодействии в водном растворе гексацианоферратов калия с хлоридом марганца (II), никеля (II), меди (II), железа (III). Для этого в раствор 30-50 г желтой кровяной соли – гексацианоферрата (II) калия

$K_4[Fe(CN)_6]$  в 1 л воды добавляем два-три кристаллика этих солей.

Появление водных «растений» связано с реакциями, в которых выпадают в осадок малорастворимые комплексные соли. Эти соединения покрывают внесенные кристаллики полупроницаемой пленкой. Через пленку просачивается вода из раствора. Давление под пленкой возрастает, в некоторых местах она прорывается, и там начинают расти длинные изогнутые «трубочки» – «ветки» диковинных растений. Рост будет продолжаться до тех пор, пока не израсходуется весь кристалл внесенной соли.

Цвет водных «растений» зависит от металла: соли меди – вырастают бурые водоросли, железа – синие водоросли, никеля – бирюзовые, марганца- белые, кобальта -зеленые.

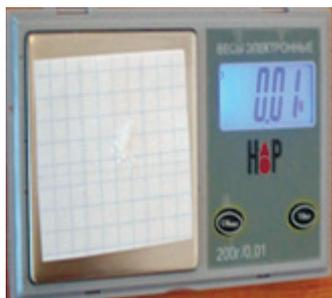
№	Соль	Начало роста кристалла	Уравнение реакции	Признаки реакции
Соли легких металлов				
1	AlCl <sub>3</sub>	нет кристалла	В ходе реакции образуются растворимые комплексные соли, поэтому видимых признаков реакции не наблюдается	Осадок не образуется
2	MgCl <sub>2</sub>			
3	BaCl <sub>2</sub>			
Соли тяжелых металлов				
4	CuCl <sub>2</sub>	С 1 секунды	$K_4[Fe(CN)_6] + 2CuCl_2 \rightarrow Cu_2[Fe(CN)_6] \downarrow + 4KCl$ гексацианоферрат меди	Падают сверху вниз трубчатые, красно-коричневые кристаллы
5	MnCl <sub>2</sub>	С 1 секунды	$K_4[Fe(CN)_6] + MnCl_2 \rightarrow KMn[Fe(CN)_6] \downarrow + 3KCl$ гексацианоферрат марганца калия	Образуются мелкие кристаллики белого цвета
6	FeCl <sub>3</sub>	С 1 секунды	$K_4[Fe(CN)_6] + FeCl_3 \rightarrow KFe[Fe(CN)_6] + 3KCl$ гексацианоферрат калия железа (III)	Появился осадок синего цвета (берлинская лазурь)
7	NiCl <sub>2</sub>	Со 2 секунды	$K_4[Fe(CN)_6] + NiCl_2 \rightarrow KNi[Fe(CN)_6] \downarrow + 3KCl$ гексацианоферрат никеля калия	Кристаллы падают с верху в низ, на дне образуется осадок голубого цвета который постепенно стал зеленым

Из данных таблицы видно, что соли легких металлов не реагируют с желтой кровяной солью (гексацианоферратом калия). При взаимодействии соли трехвалентного железа с желтой кровяной солью протекает качественная реакция, в результате которой образуется берлинская лазурь. Настоящие трубчатые кристаллы образуются только при взаимодействии желтой кровяной соли и хлорида меди, а остальные соли тяжелых металлов прореагировали с образованием мелкокристаллических осадков разного цвета.

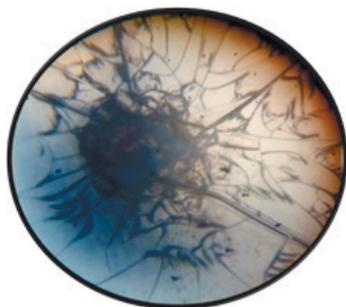


### Приложение 1

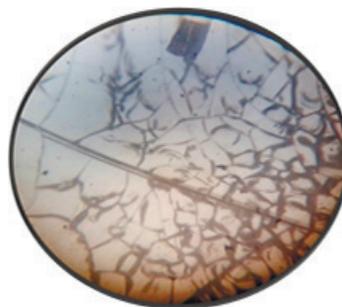
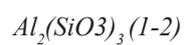
Опыт 1. Колоидный сад или «силикатные «водоросли»



1)



2)



6)



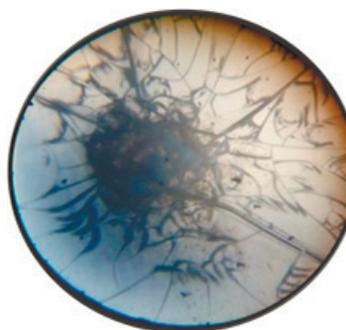
3)



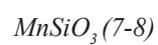
7)



4)



8)



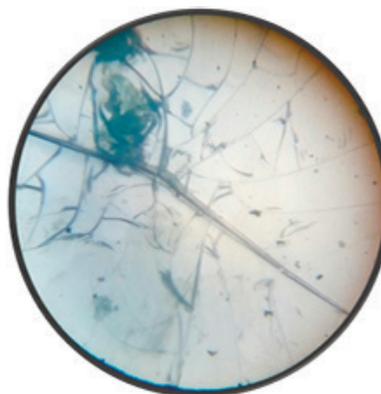
5)



9)



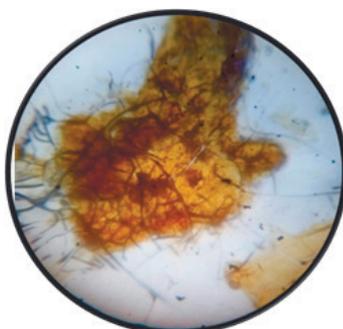
10)

 $CuSiO_3$  (9-10)

14)

 $NiSiO_3$  (13-14)

11)



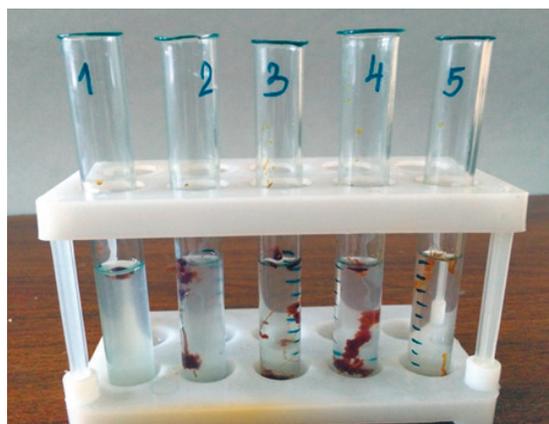
12)

 $Fe_2(SiO_3)_3$  (11-12)

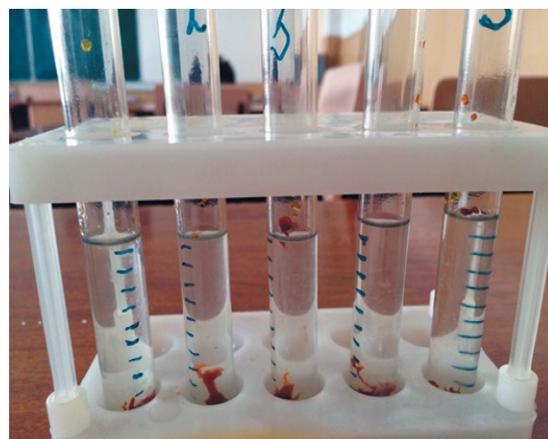
13)

**Приложение 2**

Опыт 2. Выявление зависимости роста кристаллов от концентрации раствора силикатного клея

**Приложение 3**

Опыт 3. Выявление зависимости роста кристаллов от температуры раствора силикатного клея



Приложение 4

Опыт №4: Цианоферратные кустарники  
Ломоносова



Заключение

В химии есть много занимательных опытов. Выращивание кристаллов – очень интересное занятие. Смотришь, вроде нет ничего, и вот спустя несколько минут появляются иглы, затем начинают ветвиться, а через 10- 15 минут в сосуде вырастают целые деревца. Хочется создавать все новое и новое. Созданные формы привлекательны с эстетической точки зрения.

Производя наблюдения за процессом роста кристаллов, мы пришли к следующим выводам:

1. Кристаллы разного цвета можно выращивать из раствора силикатного клея и желтой кровяной соли с солями разных металлов.

2. Кристаллы разной формы можно получить, меняя температуру и концентрацию раствора силикатного клея, создавая тем самым оптимальные для роста условия

3. Для получения ярких кристаллов, необходимо использовать соли тяжелых металлов.

Возможно, наше исследование поможет в приобретении необходимых навыков для получения замечательных кристаллических тел. Мы желаем всем поближе познакомиться с удивительным и прекрасным миром кристаллов. Исследовав свойства кристаллов, мы пришли к выводу: кристаллы – это не только чудо природы. Это чудо можно сотворить своими руками и управлять этим процессом. Изучив влияние различных условий на рост кристаллов, человек может управлять процессом кристаллизации, получая при этом кристаллы с необходимыми свойствами, возможно, будущее новейших технологий принадлежит кристаллам и кристаллическим агрегатам.

Чешский писатель К. Чапек, восхищаясь природными формами кристаллов, писал: «...Число и фантазия, закон и изобилие – вот живые творческие силы природы; не сидеть под земным деревом, а создавать кристаллы и идеи, вот, что значит быть во-едино с природой!»

Список литературы

1. А.О. Ольгин «Чудеса на выбор» М., 2006г.
2. А.К. Ризванов «Химические опыты», Химия в школе №1 2007г.
3. С.А. Лыгин «Выращиваем кристаллы», Химия в школе №7 2011г.
4. Л.А. Яковишин «Занимательные опыты по выращиванию окрашенных кристаллов», Химия в школе №9 2007г.
5. [http://mirdetok.tomsk.ru/index.php?option=com\\_content&task=view&id=120](http://mirdetok.tomsk.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=120)
6. <http://www.evangelie.ru/forum/t33107-132.html>
7. <http://chemistry-chemists.com/N3/108-139.htm>
8. <http://verba1501.livejournal.com/151766>