

УПРОЧНЕНИЕ ГРУНТА СИЛИКАТАМИ – МИФ ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ?

А.С. Гладченко, студент гр.413, 2 курс

Научный руководитель: Романенко Людмила Анатольевна, преподаватель

Государственное профессиональное образовательное учреждение

«Анжеро-Судженский политехнический колледж»

г. Анжеро-Судженск

Моё первое знакомство с силикатами вызвало ощущение, что на моих глазах произошло чудо – буквально в считанные секунды в лабораторном стакане выросли красивые разноцветные кристаллы, похожие на водоросли. Опыт оказался не только красивым, но и познавательным, так как породил множество вопросов, на которые я попыталась ответить в своей работе.

Цель исследования: изучение причин и факторов, влияющих на рост силикатов.

Задачи:

1.Познакомиться с методикой проведения эксперимента.

2. Провести эксперимент и ответить на вопросы:

- почему растут силикаты?

- как влияет на рост силикатов природа растворителя и растворенного вещества, агрегатное состояние добавляемой соли?

- каково практическое приложение данного исследования?

Гипотеза: а) процессы, протекающие между компонентами образующейся системы, приводят к образованию пленки нерастворимой соли, которая является проницаемой или для одного из реагентов, или для молекул растворителя.

б) если изменять условия (концентрацию, температуру, природу соли) выращивания силикатов, то это приведет к изменению их формы, скорости и направления роста.

Предмет исследования: процессы, протекающие во время роста силикатов.

Объект исследования: силикатные кристаллы.

Методы исследования: анализ литературных и полученных экспериментальных данных, химический эксперимент, наблюдение.

Работа с литературой, поиск информации в Интернете позволили выяснить, что наблюдения процессов проникновения молекул веществ через пленку нерастворимых силикатов уже становились объектом изучения ученых-химиков, физиков и биологов.

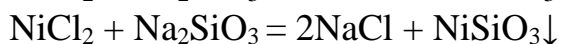
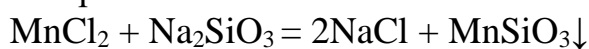
В 1877 году немецкий ботаник В. Пфеффер пропитал глиняный цилиндр медным купоросом и наполнил на некоторое время раствором желтой кровяной соли. Образовавшиеся в порах цилиндра пленки гексацианоферрата (II) меди пропускали молекулы воды, но через них не проникали молекулы раство-

ренных солей. Пленки, обладающие способностью пропускать только молекулы растворителя, но не пропускающие молекулы растворенного вещества, получили название полупроницаемых мембран или полупроницаемых перегородок.

Явление, впервые изученное Пфееффером, получило название осмос.

Осмос — направленное перемещение молекул растворителя. Движущей силой перемещения молекул через полупроницаемую мембрану является разность концентраций растворов по обе стороны пленки.

Вырастить силикатные кристаллы возможно несколькими способами. При традиционном способе в раствор силиката натрия бросают кристаллики солей, дающие в результате реакции с силикатом нерастворимые соединения. В водном растворе начинается реакция обмена, и поверхность кристалла покрывается пленкой нерастворимого силиката.



Второй способ — способ Траубе. По способу Траубе кристаллы медного купороса помещают в раствор гексацианоферрата (II) калия. В этом случае через образующуюся полупроницаемую мембрану на поверхности кристалла медного купороса вода постепенно поступает внутрь, и искусственная клетка медленно «растет».

Очевидно, что полупроницаемая перегородка (а, следовательно, и осмотическая ячейка) возникает во всех случаях, когда в растворе образуется нерастворимое соединение.

Почему силикатные кристаллы вырастают?

При взаимодействии кристалла соли с раствором образуются нерастворимые соединения. Они окутывают кристалл полупроницаемой мембраной, через которую просачивается вода из раствора. Давление под мембраной начинает расти, она раздувается и прорывается в некоторых местах. Через эти бреши и начинают расти кристаллы — длинные изогнутые трубочки из полупроницаемых мембран. И расти они будут до тех пор, пока не израсходуется весь кристаллик соли.

Иногда на кристаллах соли, помещаемых в силикатный клей, остаются пузырьки воздуха, тогда кристаллы начинают расти именно там, где они сидят. Пузырек, выталкиваемый на поверхность, как бы тянет за собой нить силиката.



Рис. 1 Моделирование полупроницаемой ячейки

Пузырьковые силикаты получают стройными и всегда растут перпендикулярно дну стакана. Если же пузырек вдруг оторвется, то силикат или перестает расти, или развивается в самых неожиданных направлениях.

Для демонстрации проникновения молекул воды через пленку мы использовали сырое яйцо, у которого в растворе соляной кислоты удалили скорлупу. После полного растворения твёрдой части яйца его поместили в дистиллированную воду. Яйцо, вследствие проникновения внутрь молекул воды, разбухло до тех пор, пока давление внутри не стало равным давлению со стороны среды, в которой оно находилось. Следовательно, пленка, находящаяся на поверхности яйца, частично пропускала воду и выступала в роли полупроницаемой мембраны.

Выращивание силикатных кристаллов в растворе силиката натрия различной концентрации. Для опыта готовили растворы силиката натрия, в которых концентрация силиката натрия и воды составляла: 1:2, 1:4, 1:5, 1:6, 1:8. В раствор помещали кристаллы солей хлорида никеля и марганца (II), сульфатов меди и кобальта (II), хлорида железа (III). Нами было установлено, что рост силикатных кристаллов наиболее быстро происходит в растворе с соотношением силиката натрия и воды 1:5.

Выращивание «пузырьковых» кристаллов. Иногда на кристаллах соли, помещаемых в силикатный клей, остаются пу-

зырьки воздуха, тогда кристаллы начинают расти именно там, где они сидят. Пузырек, выталкиваемый на поверхность, тянет за собой нить кристалла. «Пузырьковые» кристаллы получаются стройными и всегда растут перпендикулярно дну стакана. Получаются и смешанные кристаллы, когда один кри-



Рис. 3 «Пузырьковые» и смешанные кристаллы

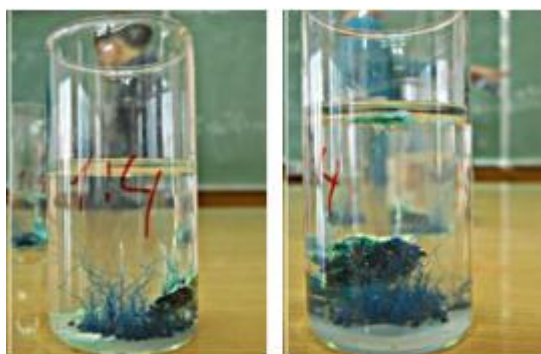


Рис. 4 Образование мембраны на границе «жидкость — твёрдое тело»

можно наблюдать, как из брошенных кристалликов солей начинают расти кристаллы в виде усов и сосулек. Если кристаллики солей поместить на дно стакана с раствором силиката, то кристаллы растут вверх. Растут они будут до тех пор, пока не израсходуется весь кристаллик соли. Мембрана возникает на границе «жидкость — твердое тело».

Но она может быть и на границе «жидкость — жидкость», если в пробирку с клеем



Рис. 2 Рост кристаллов в растворе с концентрацией 1:5

тонкой струей вливать насыщенный раствор $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ или $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Можно приливать и оба раствора одновременно. Образующиеся кристаллы причудливо переплетаются.

В отличие от опытов с кристаллическими солями, эти силикаты растут сверху вниз. Растут они быстро в отличие от силикатов из кристаллов, где скорость роста ограничивается медленным растворением кристалла соли. Образующиеся полупроницаемые мембраны тонкие и имеют большой внутренний диаметр, поэтому легко прорываются.



Рис. 5 Образование мембраны на границе "жидкость-жидкость"

Изучение влияния природы соли на рост силикатов (среда – раствор силикатного клея). Проведенные опыты позволяют утверждать, что скорость роста силикатов и их вид зависят от природы соли, добавляемой в раствор силикатного клея. Очень быстро росли кристаллы следующих солей: сульфатов кобальта и меди (II), хлорида железа (III) и хлоридов никеля и марганца (II); медленный рост наблюдался с хлоридом аммония и хлоридом кальция, хроматом калия и дихроматом аммония.

Если брать кристаллики соли, то силикаты растут преимущественно снизу-вверх. Также замечено, что если кристаллик не тонет, то силикаты растут вдоль поверхности раствора. Силикатные сосульки растут вниз сосуда и в том случае, если в разбавленный раствор силикатного клея вводить с помощью пипетки насыщенный раствор хлорид железа (III).

Изучение влияния температуры на рост кристаллов. Мы убедились, что температура влияет на рост кристаллов. При добавлении кристалликов соли или раствора соли в горячий раствор силикатного клея кристаллы росли намного быстрее.

Изучение влияния изменения среды раствора на рост кристаллов. В качестве среды раствора взяли раствор силикатного клея и этилового спирта в соотношении 3:1.



Рис. 6. Влияние температуры на рост кристаллов

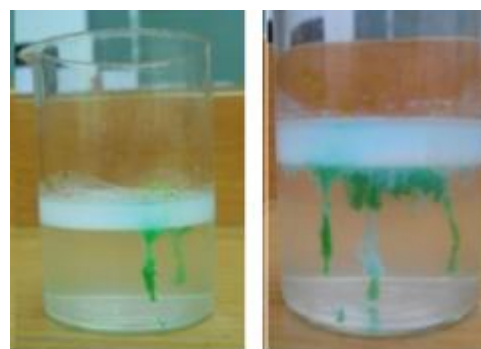


Рис. 7. Влияние природы растворителя на рост кристаллов

При перемешивании спирта и клея выпал белый аморфный осадок, аналогичный по внешнему виду кремниевой кислоте. Если спирт не перемешивать с клеем, то происходит расслоение жидкостей, и силикатные кристаллы в этом случае растут вниз в слое клея.

Оставив в лабораторном стакане раствор с силикатными кристаллами, через неделю мы могли наблюдать, что содержимое стакана превратилось в однородную стекловидную массу, затвердело. Удалить остатки эксперимента из стакана нам не удалось. Заинтересовавшись этим фактом, мы в литературных источниках прочитали, что таким образом можно укреплять непрочные породы.

Значимость нашей исследовательской работы значительно высока, так как она имеет важное практическое приложение.

Долгие годы строители, сталкиваясь с проблемой непрочного грунта, пользовались только одним выходом из данной ситуации – под слоем слабого грунта необходимо было найти прочные породы, способные выдержать вес сооружения. Если такие породы не были найдены, строительство переносилось в другое место.

Другой выход нашли для строителей химики: в тридцатые годы прошлого века началось химическое упрочнение грунта. В почву вводились растворы двух компонентов, которые при взаимодействии между собой образуют нерастворимую соль.

По теории все просто, но после того, как в почву закачан первый раствор, возникает проблема – как ввести туда второй раствор. Ведь, как только эти растворы придут в соприкосновение, образуется нерастворимое соединение, которое будет препятствовать проникновению новых порций второго реагента.

Решение этой проблемы подсказал опыт выращивания силикатных кристаллов. Непрочную почву пропитывают раствором силиката натрия, в нескольких точках вводят насыщенный раствор хлорида кальция, затем из этих точек начинают расти во все стороны веточки силиката кальция, обволакивающие и скрепляющие частички грунта.

Именно этим способом был укреплен грунт под многими московскими зданиями и буквально на песке возвели знаменитую Асуанскую плотину.

Таким образом, мы на основе эксперимента пришли к выводу и подтвердили его данными из литературных источников, что упрочнение грунта силикатами – реальный процесс.

Список литературы:

1. Белов Г.Ф., Васильев Ю.П., Селезнев А.А. и др. Коллоиды в геологических процессах: монография. // Москва.: Изд-во Наука, 2009, 248 с.
2. Витер, В.Н. Химические водоросли, зелёный чай и... дубовые орешки / В.Н. Витер // Химия и химики. – 2009. – № 2. – С. 52-53.
3. Федосеева, П.Н. Можно сделать и так / П.Н. Федосеева // Химия и жизнь. – 1988. – № 1. – С. 82.