



МИНЕРАЛЫ: ПРИРОДНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ИМИТАЦИИ

Елена Василевская

Белорусский государственный университет, Республика Беларусь

Абстракт

Рассмотрены способы лабораторного синтеза твердых неорганических веществ по аналогии с процессами, протекающими в природе. Приведены методики синтеза неорганических соединений в гелях в результате реакций со встречной или односторонней диффузией, реализуемые в условиях школьной химической лаборатории. Показано, что предложенные методики могут использоваться при организации проектной деятельности школьников, а также при проведении интегрированных уроков. Рассмотрено содержание уроков по химии-географии на тему «Минералообразование и состав минералов» и по химии-биологии на тему «Кристаллизация неорганических солей в живых организмах». Показано, что моделирование природных процессов в лабораторных условиях служит средством формирования представлений о материальном единстве окружающего нас мира.

Ключевые слова: *школьный химический эксперимент, моделирование природных процессов, синтез в вязких средах, минералы.*

Среди задач изучения химии в средней школе немаловажное значение имеет иллюстрация на базе данного учебного предмета материального единства окружающего нас мира, демонстрация возможностей науки для объяснения, моделирования и воспроизведения природных процессов в лабораторных условиях. К сожалению, школьники чаще всего не соотносят реальные природные объекты с химическими веществами. Пищевая соль, природные кристаллы каменной соли и вещество хлорид натрия (NaCl) для них выступают в качестве различных объектов. Формированию единого взгляда на природу зачастую не способствует и организация экспериментальной работы на уроках химии. Обычно ученики имеют дело с чистыми химическими веществами, готовыми растворами и, например, синтезированный в школьной лаборатории малахит – бледно-зеленый порошок состава $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ очень мало похож на виденные ими в музее изделия из природного малахита, имеющего богатый рисунок, и не похож на зеленый налет малахита на старинных бронзовых изделиях. Разрешение данного противоречия возможно путем организации школьного лабораторного исследования по синтезу аналогов природных минеральных соединений и изучению их свойств.

В природе минерализация неорганических соединений заключается в образовании (часто при повышенном давлении и температуре) кристаллов продукта химической реакции или кристаллов плохо растворимого соединения, осаждающегося из его насыщенного раствора. Состав, структура, а часто и свойства, природных неорганических соединений существенно зависят от условий и методов их синтеза. Попытайтесь найти несколько абсолютно одинаковых по внешнему виду природных полудрагоценных камней, например, агата или малахита. Вам это не удастся, хотя с точки зрения химического состава все образцы будут практически идентичны. Известны в природе и процессы биоминерализации, представляющие собой образование кристаллических структур в биологической среде при полном контроле со стороны органической матрицы, например, образование «камней» в печени или почках, скорлупы яйца (CaCO_3) в организме птиц и др. (табл. 1). Кристаллизация минеральных солей под влиянием биогенных факторов, действующих как непосредственно, так и за счет изменения условий среды, возможна и вне организма. Так, например, коралловые острова и рифы, которые тянутся на тысячи километров и могут достигать нескольких километров в высоту, созданы живыми организмами, построившими их в основном из карбоната кальция.

Таблица 1. Неорганические твердые вещества в биологических системах (Логинава, Василевская, 2000).

Минерал (вещество)	Формула	Биосистема (функция)
Арагонит	CaCO_3	рыбы, моллюски (вестибулярный аппарат, экзоскелет)
Кальцит	CaCO_3	водоросли, трилобиты (экзоскелет, глазная линза)
Фатерит	CaCO_3	губки (скелетные иглы)
Аморфный карбонат кальция	$\text{CaCO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	растения (запас кальция)
Гидроксиапатит	$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$	позвоночные (эндоскелет, зубы, запас кальция)
Октакальцийфосфат	$\text{Ca}_8\text{H}_2(\text{PO}_4)_6$	позвоночные (предшественник костной ткани)
Веллит	$\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	растения (запас кальция)
Уэдделлит	$\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	растения (запас кальция)
Гипс	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	личинки, медузы (гравитационное устройство)
Барит	BaSO_4	водоросли (гравитационное устройство)
Оксид кремния(IV)	$\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	водоросли (экзоскелет)
Магнетит	Fe_3O_4	бактерии (магнитное устройство)
Лепидокрокит	$\gamma - \text{FeOOH}$	моллюски (зубы)
Гетит	$\alpha - \text{FeOOH}$	моллюски (зубы)

Для понимания специфики процессов неорганического синтеза, происходящих в живой и неживой природе, обычно проводится их моделирование в условиях химической лаборатории. Следующим шагом является лабораторный синтез аналогов природных веществ – имитация. Но задача получения искусственных минералов, не отличающихся от природных, не так проста, как кажется на первый взгляд. И ученые пытались решить ее еще со времен алхимиков.

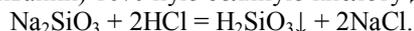
В настоящее время известно несколько способов получения искусственных минералов. Один из них представляет собой *спекание порошка природного минерала с инертным связующим при высоком давлении*. В столь жестких условиях возможны различные превращения, главными из которых, безусловно, являются уплотнение и перекристаллизация вещества. С помощью этого метода в США получают искусственную бирюзу. Применим он и в случае жадеита, лазурита и других полудрагоценных камней (Ахметов, 1989).

Кристаллические неорганические соединения можно также получать в условиях *гидротермального синтеза*, моделирующего процессы образования минералов в земных недрах. Этот метод основан на способности воды растворять при высоких температурах (до 500 °С) и очень высоких давлениях (до 3000 атм) практически нерастворимые в обычных условиях оксиды, силикаты и сульфиды. Ежегодно в мире методом гидротермального синтеза получают сотни тонн рубинов и сапфиров, с успехом синтезируют кварц и его разновидности, например такие, как аметист, получают малахит (Ахметов, 1989). Отличить искусственные минералы от природных можно разве что методами химического анализа, например, в искусственных аналогах малахита нет примесей цинка, железа, кальция, фосфора и других элементов, характерных для природного камня (Ахметов, 1989; Банк, 1979).

Для моделирования или имитации процессов, происходящих в живой и неживой природе, широко используются и **методы синтеза в вязких средах (гелях)**. Синтез и выращивание кристаллов неорганических соединений в гелях можно легко осуществить в условиях школьной лаборатории, используя доступные реактивы и простое оборудование. Поэтому рассмотрим эти процессы более подробно.

Химическая энциклопедия определяет *гели* (от лат. *gelo* – застываю) как системы с жидкой дисперсионной средой, в которой твёрдые частицы дисперсной фазы образуют пространственную структурную сетку. В быту мы сталкиваемся с гелями очень часто, это и силикатный клей («жидкое стекло»), и многочисленные кулинарные изделия (студень, заливная рыба), и лекарственные препараты на гелевой основе. Процесс образования гелей (период созревания) может длиться от нескольких минут до многих дней в зависимости от природы исходного вещества, его температуры и предыстории.

В школьной практике наиболее удобно использовать в качестве вязкой среды *силикагель* (Кольцов, Алесковский, 1963). Силикагель легко получить из продающего в магазинах силикатного канторского клея, в основном состоящего из Na_2SiO_3 . Для этого 10 – 15 см³ клея растворяют в 200 см³ воды и добавляют затем (при непрерывном перемешивании) 10%-ную соляную кислоту до слабокислой реакции:



Можно воспользоваться и реактивным силикатом натрия. Для получения силикагеля определенный объем Na_2SiO_3 смешивают с равным объемом воды, затем при постоянном перемешивании доводят до pH 5–6, приливая 5 % раствор HCl. Образовавшийся и в том, и в другом случае непрозрачный коллоидный раствор должен иметь плотность 1,06 г/см³. *Напомним, что работать с растворами силиката натрия необходимо осторожно, избегая попадания в глаза.*

Как следует из уравнения реакции, кроме кремниевой кислоты, в полученном растворе будут присутствовать NaCl и избыток HCl, для отделения которых (в случае необходимости) можно воспользоваться диализатором (см. рис. 1).

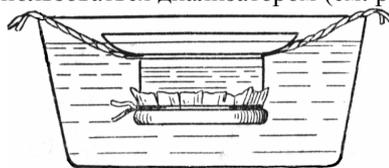


Рис. 1. Диализатор.

В качестве диализатора можно использовать широкую стеклянную трубку или стеклянную банку, у которой обрезают дно и сглаживают острые края напильником. Затем из пергаментной бумаги, целлофана или другого мембранного материала (раньше для этих целей использовали животный пузырь) вырезают круг, размачивают его в воде и привязывают к горлышку банки (трубки). В диализатор наливают полученный коллоидный раствор. Затем помещают диализатор с коллоидным раствором в сосуд с дистиллированной водой (вода в сосуде должна быть примерно на таком же уровне, как и раствор в диализаторе) и оставляют его на несколько дней, ежедневно меняя воду в сосуде. Полупроницаемая диафрагма (пергаментная бумага и др.), пропуская примеси в виде ионов или молекул, будет задерживать коллоидные частицы кремниевой кислоты. О завершении процесса диализа свидетельствует отрицательная проба на хлорид-ионы в сосуде с водой. Но если наличие хлорид-ионов не влияет на состав продуктов реакций осаждения неорганических веществ в вязкой среде, то диализ не проводят, а выдерживают приготовленный коллоидный раствор для созревания в течение 24–36 часов.

В литературе описано достаточно много экспериментов по получению кристаллов неорганических соединений в гелях (Гениш, 1963; Rastogi and others, 1992),

многие из которых достаточно легко можно воспроизвести в условиях школьной химической лаборатории. Обычно при этом используют реакции со встречной или с односторонней диффузией. Рассмотрим подробнее выращивание кристаллов в гелях по обменной реакции методом встречной диффузии. Для проведения этого эксперимента можно использовать U-образную трубку, в которую помещают связующее, а затем в оба колена осторожно заливают растворы реагирующих веществ (питающие растворы). Реагенты диффундируют через гель навстречу друг другу. В том месте трубки, где встречаются ионы, образующие нерастворимое соединения, начинается образование кристаллов синтезируемого вещества, которые достигают определенного размера. Размер кристаллов зависит от степени насыщения раствора реагентами, pH и температуры раствора, а также от структуры геля. Отметим, что в гелях с повышенной плотностью кристаллы растут плохого качества. С другой стороны, в гелях пониженной плотности кристаллы растут слишком медленно и, кроме того, такие гели механически нестабильны. Практически не имеет смысла проводить эксперименты в гелях с плотностью менее 1,02 г/см³.

В условиях школьной лаборатории вместо U-образной трубки можно использовать систему, представленную на рис. 2. В толстостенную стеклянную трубку большого диаметра длиной 15-20 см помещают гель связующего вещества, например, силикагель, приготовленный по описанной выше методике. Можно использовать также водные растворы желатины, агар-агара и других гелеобразующих веществ, подобрав экспериментально необходимые состав, pH, температуру и плотность раствора.

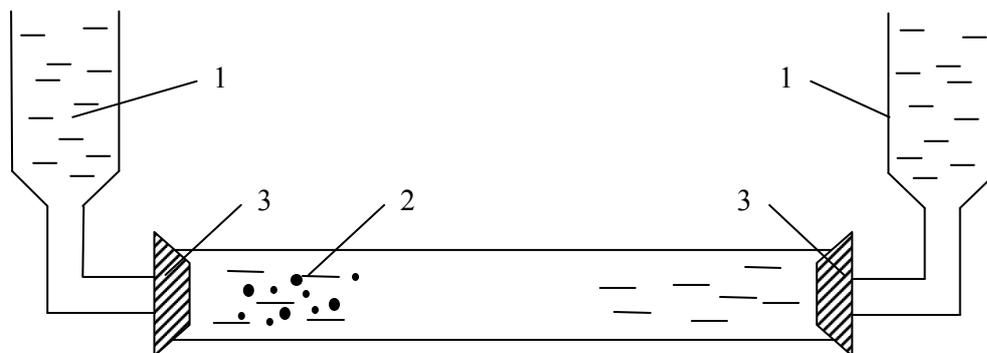
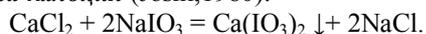


Рис. 2. Система для кристаллизации солей в геле: 1 – питающие растворы; 2 - гель с кристаллами; 3 – полупроницаемые мембраны.

Торцы трубки закрывают полупроницаемыми мембранами с присоединенными к ним сосудами объемом около 50 см³. На практике в качестве таких устройств можно использовать стеклянные фильтры с небольшим размером пор. В сосуды заливают водные растворы взаимодействующих веществ (питающие растворы). Вещества через полупроницаемые мембраны диффундируют в трубку, где в среде связующего и происходит реакция.

Описанная методика хорошо воспроизводится в условиях школьной лаборатории при получении кристаллов *иодата кальция* (Joshi, 1980):



Исходя из стехиометрических коэффициентов в уравнении реакции, можно предположить, что химические количества веществ реагентов (CaCl₂ и NaIO₃) должны быть взяты в соотношении 1:2. Однако, как показали наши исследования, образования кристаллов Ca(IO₃)₂ при использовании растворов с соотношением концентраций, близким к стехиометрическому, не наблюдается. Рост кристаллов возможен при мольных

соотношениях 5:1, что, вероятно, обусловлено избирательной адсорбцией ионов кальция поверхностью силикагеля. Поэтому в сосуды 1 необходимо залить растворы хлорида кальция с концентрацией вещества 0,5–2,0 моль/дм³ и иодата натрия с концентрацией 0,1–0,4 моль/дм³. Линейный размер кристаллов, выращенных по этой методике, обычно составляет около 2 мм.

При получении кристаллов неорганических соединений в гелях методом с односторонней диффузией (например, в пробирке) один из реагентов добавляется в связующее, а второй подается в реакционную систему из питающего раствора. Этот раствор одновременно препятствует высыханию геля. Например, если в силикагель ввести винную кислоту и поместить полученный раствор в широкую пробирку, а затем налить сверху питающий раствор, содержащий хлорид кальция, то обычно спустя час вблизи поверхности в геле уже удастся обнаружить первые кристаллы тартрата кальция. Через неделю в нижней части столба геля образуются кристаллы соли, достигающие размеров около 8 мм (Гениш, 1963). Скорость роста кристаллов зависит от концентраций растворов, а время, за которое кристаллы становятся видны невооруженным глазом, может составлять от нескольких часов до нескольких суток. Если концентрация винной кислоты высока, то могут образоваться кристаллы тартрата кальция в виде длинных прозрачных игл.

Эффектным является эксперимент по синтезу иодида свинца(II). Для проведения опыта 7,5 см³ реактивного силиката натрия разбавляют равным количеством воды. Затем медленно добавляют при постоянном перемешивании 15 см³ 2 М раствора уксусной кислоты и 6 см³ 1 М раствора ацетата свинца(II). Смеси дают отстояться и поверх геля заливают 20 см³ 0,75 М раствора иодида калия. Достаточно совершенные, тонкие, гексагональные пластинки PbI₂ размером в поперечнике около 8 мм (а иногда и больше) вырастают примерно за три недели при температуре 45 °С. При более низких температурах, например при 20 °С, наблюдается формирование более толстых пластинок меньшего диаметра (Гениш, 1963).

В таблице 2, составленной на основе публикаций в научных журналах, приведены примеры неорганических соединений, кристаллы которых можно получить в вязких средах. Необходимо отметить, что для выращивания кристаллов одного и того же вещества могут быть использованы системы с разными наборами параметров. При этом вовсе не обязательно, чтобы второй реагент вводился в систему в виде раствора. Использование газообразных реагентов при различных давлениях обеспечивает возможность расширения температурной области, в которой могут проводиться эксперименты.

Таблица 2. Примеры кристаллов, выращенных в гелях

Получаемое вещество	Описание системы			
	Связующее	Компонент в геле	Добавляемые компоненты	pH
AgCl	Силикагель	–	[Ag(NH ₃) ⁺ ₃ Cl ⁻]	
AgI	Силикагель	–	AgI-HI	7,0
	Силикагель	–	AgI-HI	6,0
BaCO ₃	Силикагель	BaCl ₂	K ₂ CO ₃	
	Силикагель	–	BaCl ₂ + K ₂ CO ₃	6,0
BaMoO ₄	Силикагель	BaCO ₃	Na ₂ MoO ₄	
	Силикагель	–	BaCl ₂ + Na ₂ MoO ₄	6,0
Ba ₃ (PO ₄) ₂	Желатина	(NH ₄) ₂ HPO ₄	Ba(NO ₃) ₃	10,5
BaSO ₄	Силикагель	–	BaCl ₂ + Na ₂ SO ₄	4,5

$\text{CaC}_4\text{H}_4\text{O}_6$	Силикагель	$\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$	CaCl_2	2,7
CaCO_3	Силикагель	–	$\text{CaCl}_2 + (\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	7–8
CaF_2	Гель	–	$\text{KF} + \text{CaCl}_2$	
$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Желатина	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	CaCl_2	4-5
$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Силикагель	H_3PO_4 или NaH_2PO_4	$\text{Ca}(\text{COOCH}_3)_2$	
CaCO_3	Силикагель	–	$\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{CO}_3$	10
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Силикагель или агар-агар	–	$\text{CaCl}_2 + \text{Na}_2\text{SO}_4$	5,5
$\text{Ca}(\text{IO}_3)_2$	Силикагель	–	$\text{CaCl}_2 + \text{NaIO}_3$	4,5
CaWO_4	Силикагель	Na_2WO_4	CaCl_2	
CdS	Силикагель	$\text{Cd} - \text{EDTA}$	ацетамид	
CdC_2O_4	Силикагель	–	$\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + \text{CdI}_2$	7
$\text{Co}(\text{IO}_3)_2$	Силикагель	–	$\text{CoSO}_4 + \text{HIO}_3$	
$\text{Co}(\text{IO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Силикагель	–	$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$	
CsIO_3	Силикагель	CsCl –	HIO_3 $\text{CsCl} + \text{HIO}_3$	
CuI	Силикагель	CuSO_4	KI	6,5
KClO_4	Силикагель	HClO_4	KCl	
	Желатина	–	$\text{NaClO}_4 + \text{KCl}$	5
PbI_2	Силикагель	–	$\text{KI} + \text{Pb}(\text{CHCOO})_2$	
PbMoO_4	Силикагель	–	$(\text{NH}_4)\text{MoO}_4 + \text{Pb}(\text{NO}_3)_2$	5,0
RbClO_4	Силикагель	–	$\text{RbCl} + \text{HClO}_4$	5,3
Rb_2PbCl_4	Силикагель	Rb_3PbCl_4	ацетон	
$\text{SrC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Силикагель	NH_4Cl $\text{H}_2\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6$	SrCl_2	6,5

Используя данные таблицы 2, можно достаточно легко сформулировать систему заданий для осуществления проектной деятельности школьников и студентов при изучении курса неорганической химии. Так, например, большой интерес у школьников Беларуси вызвало одно из заданий Турнира юных химиков-1999 – "Минерал", в котором была поставлена задача: синтезировать соль минерального происхождения и изучить влияние условий синтеза на состав и структуру полученных образцов. Целями задания было познакомить учащихся с возможностями направленного синтеза неорганических твердых веществ и сформировать представление о зависимости состава, структуры и свойств продукта от выбранного метода синтеза и условий его проведения (Братенникова, Василевская, 1999). В зависимости от уровня мотивации и подготовки школьников, а также исходя из имеющихся возможностей школьной лаборатории, при выполнении данного проекта в каждой группе задача конкретизировалась. В результате школьниками были проведены настоящие научные исследования по направленной синтезу малахита, карбоната и силиката кальция и других соединений. В частности, легко реализуется на практике проект по синтезу малахита в вязкой среде.

Химический состав малахита соответствует формуле $(\text{CuOH})_2\text{CO}_3$ или $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$. Своё название этот минерал получил от греческого "малахэ" – мальва: ярко-зелёные листья этого растения напоминают по цвету малахит. Малахит достаточно широко распространён в природе и всегда сопутствует залегающим в карбонатных породах (известняках, доломитах и т. п.) медным рудам. Когда медная руда

выветривается под действием кислорода воздуха, воды и углекислого газа, медь переходит в раствор. Такой раствор медленно просачивается сквозь породу, и дальнейшая его судьба зависит от многих обстоятельств. Иногда капельки раствора, испаряясь в пустотах, образуют натечки, нечто вроде малахитовых сталактитов и сталагмитов. Медный раствор может также взаимодействовать с углекислыми водами и отлагаться в виде малахита (Ахметов, 1989; Банк, 1979; Зидер, 1980). Издавна славился месторождениями малахита Урал (Россия). Большие куски плотного малахита шли на украшения (возможно, вы любовались Малахитовым залом Эрмитажа в Петербурге), а отдельные зерна, распределенные в породе, и мелкие скопления чистого малахита использовали для выработки высококачественной зеленой краски – «малахитовой зелени». Использовали малахит и для выплавки меди. В настоящее время известны месторождения малахита в Заире, Австралии, США, но добываемый там минерал и по цвету, и по красоте рисунка уступает уральскому, месторождения которого уже истощены. Поэтому не удивительно, что ученые стремились получить искусственный малахит.

В учебниках по неорганической химии пишут, что основной карбонат меди(II) образуется, если смешать раствор медного купороса (пентагидрата сульфата меди(II)) с карбонатом щелочного металла – содой или поташем. Реакции солей меди(II) с карбонатами щелочных металлов, начиная с XVIII века, изучали многие химики в разных странах. Однако, осадки у разных исследователей часто довольно сильно различались (Леенсон И. А., 1993; Братенникова, Василевская, 1999). Так, сообщалось о получении более чем десяти основных карбонатов меди различного состава, например $2\text{CuCO}_3 \cdot 3\text{CuO}$ и $2\text{CuCO}_3 \cdot 5\text{Cu(OH)}_2$, причем иногда осадки содержали некоторые количества сульфата меди(II). Если же проводить реакцию с большим избытком карбоната щелочного металла, то осадок вообще не выпадет, а получается раствор красивого синего цвета, содержащий медь в виде комплексных анионов $[\text{Cu}(\text{CO}_3)_2]^{2-}$. Проведенные исследования показали, что для получения осадка малахита следует брать 10 %-ный избыток карбоната натрия и использовать растворы высокой концентрации (около 1 моль/дм³). В работе (Свиридов и др., 2000) предложена следующая методика получения малахита: тонкоизмельченные медный купорос и гидрокарбонат натрия тщательно перемешивают (гидрокарбонат берут с 10%-ным избытком по сравнению со стехиометрическим). Полученную смесь медленно при непрерывном перемешивании (в противном случае из-за бурного выделения газа раствор может разбрызгиваться) вносят в кипящую воду, из расчета 1 моль сульфата меди(II) на воду объемом 2 дм³. Затем образовавшуюся суспензию кипятят (при непрерывном перемешивании) 10-15 мин. Полученный мелкокристаллический осадок зеленого цвета промывают и сушат при $t \leq 100^\circ \text{C}$, т. к. при более высокой температуре (~ 200 °C) возможно разложение малахита.

Для того, чтобы смоделировать синтез малахита в природе, предложенную методику необходимо видоизменить и вместо водных растворов осуществить синтез в растворе силиката натрия. Для этого тщательно перемешивают медный купорос массой 32 г и гидрокарбонат натрия массой 18,7 г. Одновременно готовят раствор силиката натрия, смешивая силикатный клей объемом 25 см³ и воду объемом 25 см³. Полученный раствор силиката натрия нагревают до 60-80° C. Затем в него быстро (без перемешивания) вносят подготовленную смесь солей и нагревают в течение 5-10 мин при той же температуре. В результате образуются камнеподобные структуры зелено-голубого цвета. «Камни» извлекают из раствора, промывают небольшим количеством воды и высушивают на воздухе. (Чтобы избежать выветривания при длительном хранении образцы можно покрыть любым бесцветным лаком.) Если при проведении подобного синтеза раствор силиката натрия заменить коллоидным раствором желатины, то образующийся продукт представляет собой твердую губку зеленого цвета. Данных о количественном химическом составе получаемых продуктов в литературе нет, можно

лишь предположить возможность образования, наряду с основным карбонатом меди (II) силиката меди(II). При реализации проекта по указанной теме можно изменять не только среду проведения реакции, но и варьировать соотношение реагирующих веществ, температуру, pH среды.

Необходимо подчеркнуть, что рассмотренный синтез малахита в среде силиката натрия легко осуществляется и может быть предложен в качестве демонстрационного эксперимента не только на уроках химии, но на интегрированных уроках по химии-географии, а также на уроках естествознания в младшей школе. Так, в частности, студентами химического факультета Белорусского государственного университета был разработан и апробирован в специализированных классах средней школы интегрированный урок по химии-географии не тему «Минералообразование и состав минералов». План проведения урока предусматривал рассмотрение вопросов о составе и физических свойствах минералов, механизме образования руд, применение знаний учащихся по химии для анализа горных пород. На проведение урока по данной теме в классе отводилось 2 академических часа и его совместно готовили преподаватели химии и географии. В качестве демонстраций на уроке использовали набор образцов минералов и горных пород, а также образцы кристаллов, предварительно выращенные в кабинете химии. Непосредственно на уроке было продемонстрировано образование малахитовых «камней» в среде силиката натрия, что послужило своеобразной (хотя и весьма приближенной) моделью образования кристаллических структур в земной коре. Затем школьникам было предложено вспомнить качественные реакции, используемые в химической практике для обнаружения различных катионов и анионов. Последовали закономерные вопросы: Какие из известных методик можно применить к анализу нерастворимых в воде минералов? Как подготовить образцы для анализа? При рассмотрении этих вопросов ввели понятие о трибохимических реакциях (т.е. реакциях между твердыми веществами, происходящими при повышенном давлении, например, при их растирании). Вопрос о составе и методах анализа минералов (*Воскресенский, 1970*) можно рассматривать и при изучении химических производств, а также в классах с углубленным изучением экономики в теме «Сырье». Конечно, изучение указанных вопросов не входит в школьные учебные программы по географии и химии. Однако, их рассмотрение в специализированных профильных классах с нашей точки зрения, помогает учащимся лучше ориентироваться в материале учебных курсов, демонстрирует необходимость химических знаний для более полного восприятия окружающего мира. Тема затрагивает также и краеведческие аспекты и может быть развернута применительно к исследованию минеральных ископаемых отдельного региона.

Описанные выше методики синтеза неорганических соединений в вязкой среде могут использоваться и при подготовке интегрированного урока по химии-биологии на тему «Кристаллизация неорганических солей в живых организмах». Проведение такого урока преследует цель продемонстрировать школьникам единство живого и неживого в природе. Образование биогенных кристаллов в живых организмах и моделирование такого процесса в условиях школьной химической лаборатории не затрагивается ни в одном школьном курсе, хотя тема имеет большое значение для формирования мировоззрения учащихся. При проведении урока значительное внимание уделяется особенностям иона кальция и кристаллизации солей кальция в живых организмах. Отмечается, что в ходе эволюции кальций стал ключевым ионом-регулятором живых организмов благодаря как высокой концентрации данного иона в первичном океане, так и особенностям его структуры (Левицкий, 1990). На основании литературных данных, кратко представленных в таблице 1, рассматриваются процессы биоминерализации в живых организмах - рост скорлупы яйца в организме птицы, формирование костей и зубов позвоночных, камней в почках и желчном пузыре при патологии и др. Лекция учителя может при этом сопровождаться демонстрацией результатов химического

эксперимента по кристаллизации карбоната кальция в силикагеле. В конце урока учащимся предлагается вспомнить тему «Химическое равновесие» и предложить способы подавления нежелательной кристаллизации в живых организмах. Так, например, для предотвращения образования оксалатных камней в почках предлагается снизить поступление щавелевой кислоты с пищей.

Предложенные варианты организации учебного процесса позволяют усилить интеграцию естественнонаучных знаний, разработать единые подходы к формированию основных понятий, изучаемых в различных курсах и, в конечном счете, способствуют формированию у учащихся единой естественнонаучной картины мира. Одновременно происходит усиление практической направленности содержания учебных курсов на основе изучения явлений и объектов, окружающих учащихся в повседневной жизни. Реализация интегрированного подхода на базе широкого использования моделирующего химического эксперимента позволяет также более широко использовать в обучении виды деятельности, направленные на интеллектуальное развитие учащихся.

Литература

- Ахметов Н. С. (1989). *Беседы о геммологии*. Москва: Молодая гвардия, 238 с.
- Банк Г. (1979). *В мире самоцветов*. Москва: Мир. 300 с.
- Братенникова А.Н., Василевская Е.И. (1999). Готовимся к "химбою". Минералы своими руками. *Репетитор*, № 10, С. 24.
- Воскресенский П.И. (1970). *Химия – помощница юного геолога*. Москва: Наука. 110 с.
- Гениш Г. (1963). *Выращивание кристаллов в гелях*. Москва: Мир. 111 с.
- Зидер З.Дж. (1980). *Карбонаты: минералогия и химия*. Москва: Просвещение. 348 с.
- Кольцов С. Н., Алесковский В. Б. (1963). *Силикагель, его структура и химические свойства*. Москва: Просвещение, 76 с.
- Левицкий Д.О. (1990). *Кальций и биологические мембраны*. Москва: Наука, 130 с.
- Леенсон И. А.(1993). Загадки малахита. *Химия и жизнь*, № 3. С. 56-60.
- Логинова Н. В., Василевская Е. И. (2000). Кристаллизация неорганических солей в живых организмах. *Хімія: проблеми викладання*, № 3. С. 3.
- Свиридов В.В., Попкович Г.А, Василевская Е.И. (2000). *Неорганический синтез: Учебное пособие*. Минск: Універсітэцкае, 224 с.
- Joshi M. S., Trivedi S. F. (1980). Growth of Calcium Iodate Crystals by Gel Method. *Kristall und Technik*, V. 15, № 10, S. 1131.
- Rastogi R. P., Das Ishwar, Pushkana A. (1992). Inexpensive laboratory experiments on crystal growth of water soluble substances in gel media. *Journal of Chemical Education*, Vol. 69, No. 2, p. 47.

Summary

MINERALS: NATURAL COMPOUNDS AND LABORATORY IMITATIONS

Elena Vasilevskaya

Belarusian State University, Republic of Belarus

Ways of laboratory synthesis of solid inorganic substances by analogy to the processes in the nature are considered. Techniques of synthesis of inorganic compounds in gels as a result of reactions with the counter or unilateral diffusion, sold in conditions of school chemical laboratory are resulted. It is shown, that the offered techniques can be used at the organization of design activity of pupils, and also at carrying out of the integrated lessons. The contents of lessons in chemistry-geography on a theme «Mineralization and structure of minerals» and in chemistry-biology on a theme «Crystallization of inorganic salts in alive organisms» is considered. It is shown, that modeling of natural processes serves in laboratory conditions means of formation of representations about material unity of the world surrounding us.

Keywords: school chemical experiment, modeling of natural processes, synthesis in viscous environments, minerals.

Received 14 August 2007; accepted 31 August 2007



Elena Vasilevskaya

Belarusian State University, Republic of Belarus,
Pobeditelej str., 39/ 251, Minsk 220035, Republic of Belarus
Phone: + (375 17) 2037056 (home)
E-mail: Vasileli@bsu.by