

## РОЛЬ УЧЕБНОГО ХИМИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА В ФОРМИРОВАНИИ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОЙ КАРТИНЫ МИРА

**Елена Василевская, Тамара Шевцова**

*Белорусский государственный университет, Химический факультет, 220030, Минск,  
Беларусь, Vasileli@bsu.by*

## THE ROLE OF SCHOOL CHEMISTRY EXPERIMENT IN THE FORMATION OF NATURAL SCIENTIFIC PICTURE OF THE WORLD

**Elena Vasilevskaya, Tamara Shevtsova**

*Belarusian State University, Faculty of Chemistry, Minsk, Belarus, Vasileli@bsu.by*

### ABSTRACT

School chemistry experiment, on the one hand, closely linked to the use of substances and processes of the real world, and on the other hand, is aimed at forming a picture of the world in which questions of chemistry, physics, biology, ecology treated with one voice. The report describes the methodology for conducting experiments on crystal growth in viscous media to simulate the processes occurring in biological systems and geological environments. Variants of the organization of educational process and interdisciplinary projects with use of the resulted techniques are offered.

**Key words:** *Chemical education, school chemistry experiment, experimental models in natural science education, crystal growth in viscous media.*

Для развития естествознания первой четверти XXI века характерно осознание необходимости комплексного решения общих фундаментальных проблем силами специалистов разных областей науки: химии, биологии, физики, математики, информатики. При этом традиционное разделение исследований на прикладные и фундаментальные в современном обществе знания теряет свою актуальность [4]. Так, например, прогресс в изучении функционирования живых организмов определяется достижениями биохимии и химии природных соединений, энзимологии, медицинской и фармацевтической химии, геной инженерии, ксенобиологии, биотехнологии и многих других отраслей науки.

Достижения в области естественных наук должны отражаться и в содержании современного образования. Среди задач преподавания дисциплин естественнонаучного цикла особое место занимают задачи научного понимания процессов, которые происходят в окружающем мире, и формирования целостного знания о природе и человеке. Более того, завершившееся в 2014 г. десятилетие, объявленное ООН «Десятилетием образования для устойчивого развития» показало возможность использования различных моделей реализации идей устойчивого развития как в интегрированных учебных курсах, так и в преподавании отдельных дисциплин, например химии [12].

Естественнонаучное образование как в средней, так и в высшей школе чаще всего представлено совокупностью отдельных учебных дисциплин, таких как химия, физика, биология, география. Межпредметные связи при изучении указанных дисциплин являются конкретным выражением интеграционных процессов, происходящих сегодня в науке [3, 6, 7, 11]. Эти связи играют важную роль в повышении практической и научно-теоретической подготовки, существенной особенностью которой является овладение обучающимися обобщенным характером познавательной деятельности. Изучение отдельных вопросов конкретной учебной дисциплины с опорой на знания, полученные при изучении других предметов, помогает обучающимся усвоить общую картину явлений, охватить в целом их многосторонние связи, избежать дублирования при изучении различных вопросов, понятий и процессов.

Осуществление связи химии с другими учебными предметами облегчается тем, что на занятиях по химии изучается материал, имеющий большое значение для других естественных дисциплин, которые используют химические теории, законы и методы исследования явлений природы. Среди задач изучения химии как естественнонаучной дисциплины 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 [1, 2, 17, 18].

Весьма актуальным при этом является введение в практику преподавания химии эксперимента, с одной стороны, тесно связанного с использованием веществ и процессов окружающего мира, а с другой стороны, направленного на формирование такой картины этого мира, в которой вопросы химии, физики, биологии, экологии рассматриваются с единых позиций. Так, например, химические периодические процессы могут служить моделями таких природных колебательных процессов, как смена времен года, смена фаз Луны, биение сердца, циркадный ритм у растений, изменение численности популяций животных в экосистемах, образование минералов в горных породах и живых организмах и др. [3, 8].

Среди школьников и студентов традиционно популярны эксперименты по выращиванию кристаллов в вязких средах, позволяющие моделировать процессы, происходящие в биологических системах и геологических средах. В 1896 г. немецкий химик Р. Лизеганг натолкнулся на странную реакцию. Если на тонкий слой желатины, пропитанный раствором дихромата калия капнуть раствором нитрата серебра(I), то выпадающий красно-бурый осадок дихромата серебра(I)  $\text{Ag}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  распределится в желатине в виде концентрических полос, разделенных полосами свободными от осадка. Это явление получило название «колец Лизеганга». В настоящее время известны многочисленные композиции, использование которых приводит к получению периодических осадков в вязкой среде. Такие осадки, полученные в среде желатины, поливинилового спирта (ПВС) или геля кремниевой кислоты на стеклянной подложке могут рассматриваться как модели годовых колец на деревьях или как модели природных полосатых минералов, например, агата. В практикуме по неорганической химии для студентов 1 курса химического факультета Белорусского государственного университета, а один из вариантов зачетной работы предлагается задание по изучению периодических процессов в вязких средах, основанное на использовании результатов оригинальных научных работ, например [14, 16]. При выполнении данной зачетной работы студент должен проанализировать литературу, рекомендованную преподавателем, провести дополнительный поиск информации по доступным источникам, адаптировать к условиям учебной лаборатории методику эксперимента, выполнить соответствующие расчеты, составить список необходимых реактивов и посуды, провести экспериментальное исследование и оформить результаты работы. В рассматриваемом лабораторном практикуме представлены также работы по синтезу солей тяжелых металлов в среде поливинилового спирта. При проведении синтеза к раствору одного из реагентов в связующем, в качестве которого выступает 5 %-ный раствор ПВС, приливают водный раствор другого реагента. Например, к 0,75 молярному раствору нитрата свинца(II) в 5 %-ном растворе ПВС по каплям при осторожном перемешивании добавляют 1 молярный водный раствор хромата калия  $\text{K}_2\text{CrO}_4$ . Исходные вещества следует взять в стехиометрическом соотношении в расчете на образование требуемого количества хромата свинца(II). Осадок хромата свинца(II), распределенный в связующем, быстро отмывают большим количеством воды, отделяют центрифугированием или декантацией, т.к. при хранении не отмытого осадка возможно его взаимодействие с ПВС.

Экспериментальные работы по неорганическому синтезу в вязкой среде могут быть реализованы и при организации исследовательской работы школьников. Так, например,

большой интерес у школьников Беларуси на одном из республиканских турниров юных химиков вызвало задание "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 химической реакции от выбранного метода синтеза и условий его проведения. В качестве примеров экспериментальных исследований на данную тему были предложены задание по синтезу малахита по методике, позволяющей получить его в виде красивых «камешков», напоминающих природные минералы, и задание по выращиванию кристаллов в гелях [1, 2].

Другим интересным примером, который может рассматриваться как модель природных процессов, являются «химические сады». Это явление известно достаточно давно. Первая работа по поводу химических садов была опубликована в 1684 г. И. Р. Глаубером. Изучая взаимодействие желтой и красной кровяных солей с различными солями других металлов, русский ученый М. В. Ломоносов в 1750 г. получил изумительные «растения», похожие на нитевидные водоросли или ветки подводного кустарника. Подобные эксперименты стали достаточно популярными. Так, в вышедшей в 1905 г. в Санкт-Петербурге книге «Химик-любитель» целая глава посвящена получению древовидных осадков [9, с. 147-160]. В настоящее время «химические сады» получают реакцией осаждения при добавлении кристаллов растворимых солей марганца(II), цинка(II), никеля(II), кобальта(II), хрома(III) к водным растворам, содержащим анионы типа алюминатов, боратов, карбонатов, хроматов, цианоферратов, фосфатов или силикатов. Механизм образования химических садов достаточно подробно рассмотрен в работе [13]. Общей особенностью всех этих реакций, несмотря на их химическое разнообразие, является осаждение в растворе полупроницаемой коллоидной мембраны, поперек которой происходит осмос. Та, например, при добавлении кристалла растворимой соли металла к водному раствору силиката натрия образуется силикат металла, осаждаемый в виде коллоидного геля вокруг кристалла. Гель действует как полупроницаемая перегородка, через которую под осмотическим давлением снаружи вводится вода. При этом кристалл продолжает растворяться и мембрана, окружающая его, расширяется до тех пор, пока не разорвется. Это вызывает выброс жидкости в раствор. Мембрана обычно разрывается не один раз и, таким образом, от каждого затравочного кристалла исходит несколько потоков жидкости. В каждой точке разрыва появляются трубчатые волокна, которые могут вырасти в длину на несколько сантиметров. Кристаллизация силиката кальция в вязкой среде, приводящая к получению минеральных «трубок» является хорошей моделью коралловых островов и рифов, созданных живыми организмами в основном из карбоната кальция.

Выполнение рассмотренных выше работ может осуществляться на интегрированных занятиях по химии-биологии, химии-географии, химии-физике и при осуществлении междисциплинарных проектов. Так, в частности, нами были разработаны планы интегрированных занятий по химии – географии «Минералообразование и состав минералов» и химии – биологии «Кристаллизация минералов в живых организмах». Образование биогенных кристаллов в живом организме и моделирование этого процесса при изучении химических реакций в вязкой среде – эта тема не затрагивается ни в одном из учебных курсов, хотя имеет большое значение для формирования научного понимания природных процессов. Занятие по указанной теме может представлять собой лекцию преподавателя, в которой рассматриваются процессы биоминерализации, в частности рост скорлупы яйца в организме птицы, формирование костей и зубов позвоночных, а также твердых веществ в живых организмах при патологии (камни в почках, желчном пузыре) на основании материала, опубликованного в работе [5]. Для экспериментального моделирования процесса кристаллизации в живых организмах можно провести эксперимент

по выращиванию кристаллов иодата кальция в растворе силиката натрия по методике, описанной в работе [15].

Предложенные варианты организации учебного процесса позволяют сформировать у учащихся единую естественнонаучную картину мира, усилить интеграцию естественнонаучных знаний и разработать единые подходы к формированию основных понятий, изучаемых в различных курсах. Одновременно происходит усиление практической направленности содержания образования на основе изучения явлений, процессов, объектов, веществ, окружающих учащихся в повседневной жизни. Это позволяет обеспечить правильное понимание обучающимися возможностей химической науки в решении проблем современного общества (экологических, сырьевых, энергетических, продовольственных, медицинских и др.), воспитать на основе химических знаний экологически грамотное поведение человека в природе и обществе, что в свою очередь может послужить основой для научно аргументированного принятия решений, осознанного участия в общественных обсуждениях по вопросам науки и техники и увеличения личной экономической продуктивности путем использования научных знаний в карьере. Рассматриваемый подход хорошо вписывается в реализацию стратегии экономического развития «Европа 2020: стратегия разумного, устойчивого и всеобъемлющего роста» [10], одним из направлений деятельности которой является усиление результативности образовательных систем и способствование привлечению молодых людей на рынок труда.

### Литература

1. Василевская Е., 2007. Минералы: природные соединения и лабораторные имитации, *Gamtamokslinis ugdymas (Natural Science Education)*, 2 (19), 60 – 69.
2. Василевская Е. И., Братенникова А. Н., Логинова Н. В., 2001. Синтез кристаллических твердых веществ в вязкой среде, *Хімія: проблеми викладання*, 6, 107 – 124.
3. Турлов А. В., Телешов С., 2013. Природные периодические процессы в школьных курсах естественных наук: метаметодический аспект, *Gamtamokslinis ugdymas (Natural Science Education)*, 3 (38), 38 – 47.
4. Иванчева Л., 2014. Отношения фундаментална-приложна наука в съвременното «общество на знанието», *Bulgarian Journal of Science and Education Policy (BJSEP)*, 8 (1), 216 – 237.
5. Логинова Н. В., Василевская Е. И., 2000. Кристаллизация неорганических солей в живых организмах, *Хімія: проблеми викладання*, 3, 3 – 24.
6. Подоляк О. С., Голуб Н. М., Василевская Е. И., 2009. Реализация межпредметных связей в специальном курсе «Химические вещества в жизни живых организмов» для студентов биологического факультета, *Новое в методике преподавания химических и экологических дисциплин: сборник научных статей*, Брест, 81- 85.
7. Подоляк О. С., Голуб Н. М., Василевская Е. И., 2010. Элективные курсы при подготовке преподавателей химии и биологии в вузе, *Свиридовские чтения: сборник статей*, выпуск 6, Минск, 255 – 262.
8. Фомин С. А., 2006. Периодические процессы в природе, *Естествознание в школе*, 1, 9.
9. Фэдо Ф., 1905. Химик-любитель: Практическое знакомство с химией посредством ряда простых и интересных опытов, не требующих больших расходов. Санкт-Петербург.
10. Barroso J. M., 2010. *EUROPE 2020: A strategy for smart, sustainable and inclusive growth*, Brussels: European Commission.
11. Burden J., 2007. *Twenty first century science: developing a new science curriculum*, *Science in school*, 5, 74 – 77.
12. Burmeister M., Rauch F., Eilks I., 2012. Education for Sustainable Development (ESD) and chemistry education, *Chemistry Education Research and Practice*, 13 (2), 59 – 69.

13. Cartwright J. H. E., Garsia-Ruiz J. M., Nowellat M. L., Otalora F., 2002. Formation of chemical gardens, *Journal Colloid Interface Science*, 256, 351 – 359.
14. Hantz P., 2000. Pattern formation in the NaOH + CuCl<sub>2</sub> reaction, *Journal of Physical Chemistry B*, 104 (17), 4266 – 4277.
15. Joshi M. S., Trivedi S. G., 1980. Growth of calcium iodate crystals by gel method, *Kristall und Technik*, 15(10), 1131 – 1135.
16. Sultan R., Sadek S., 1996. Patterning trends and Chaotic behavior in Co<sup>2+</sup>/NH<sub>4</sub>OH lisegang systems, *Journal of Physical Chemistry*, 100, 16912 – 16920.
17. Van Seters J. R., Sijbers J. P. J., Denis M., Tramper J., 2011. Build Your Own Second-Generation Bioethanol Plant in the Classroom!, *Journal of Chemical Education*, 88 (2), 195 – 197.
18. Welsh E., 2011. What is chemiluminescence?, *Science in school*, 19, 62 – 68.