

УДК 372.854:37.026.4-3:

## ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕМОНСТРАЦИОННОГО ЭКСПЕРИМЕНТА В ЛЕКЦИОННОМ КУРСЕ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ НЕХИМИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Е.В. Батаева, В.В. Демин, С.Ф. Дунаев

(кафедра общей химии, e-mail: bataeva\_e\_v@mail.ru)

Демонстрационный эксперимент играет существенную роль в формировании химических понятий и, изучая эту функцию демонстрационного эксперимента, можно предложить пути его модификации, лежащие в русле модернизации всего курса химии. В статье обсуждаются некоторые результаты исследований эффективности демонстрационного эксперимента, проводимых на кафедре общей химии химического факультета МГУ. На основании полученных данных выделено несколько наиболее существенных факторов, влияющих на запоминание опыта, адекватность наблюдения визуального сигнала и осознание цели эксперимента. Это “узнавание” материала студентами, наличие в демонстрационном эксперименте кинестетической составляющей и подготовленность студентов к восприятию лекционного материала. Также в статье обсуждается эффективность конкретных демонстрационных экспериментов и возможности их модификации.

**Ключевые слова:** *общая химия, демонстрационный эксперимент, эффективность.*

### *Эффективность демонстрационного эксперимента в лекционном курсе общей и неорганической химии для студентов нехимических специальностей*

Общая химия для студентов естественных специальностей классических университетов, с одной стороны, является фундаментальной дисциплиной, с другой стороны, непрофильной. Общая химия – один из немногих курсов, включающих демонстрационный эксперимент как неотъемлемую часть учебного процесса.

В настоящее время можно выделить две противоречивые тенденции, характерные для высшей школы: уменьшение времени, отводимого на лекционные курсы, и увеличение дифференцированности подготовки абитуриентов по непрофильным дисциплинам. Перед высшей школой всегда стояла цель подготовить специалистов, готовых к работе в данной отрасли, однако сейчас необходимо готовить специалистов, способных развивать современные направления науки и формировать таковые в будущем.

Модернизация курсов общей химии в высшей школе включает в себя изменение лекционного курса, семинарских и практических занятий. Эти изменения лежат в русле общих тенденций развития высшего образования, среди которых одна из наиболее значимых – увеличение деятельностной направленности [1] профессионального образования.

В современных лекционных курсах по общей химии происходит переход от описательных приемов к

сравнительным, существенно возрастает использование не только информационного, но и проблемного методов изложения. Также увеличивается доля количественных характеристик веществ и процессов, используемых в курсах. Однако демонстрационный эксперимент остается практически неизменным в течение последних десятилетий (так, например, не изменяется соотношение качественных и количественных экспериментов – доля последних по-прежнему ничтожна). Это происходит несмотря на то, что эксперимент, в том числе демонстрационный, играет существенную роль в формировании химических понятий [2] и, в целом, значение эксперимента в обучении химии велика. Изучая влияние демонстрационного эксперимента на формирование понятий, можно предложить пути его модификации в русле модернизации всего курса химии.

Однако сложно выделить и оценить вклад в формирование понятий именно лекционного эксперимента, поскольку демонстрационный эксперимент “вторичен” по отношению к тексту лекции и, естественно, проведение эксперимента сопровождают пояснения лектора. Следовательно, необходимо оценивать эффективность эксперимента, рассматривая параметры, минимально зависящие от “вклада” пояснений лектора, или ввести параметры, позволяющие учесть “вклад” этих пояснений. Другим путем оценки эффективности существующего демонстрационного эксперимента и его модификации может быть поиск связи между на-

блюдаемыми величинами параметров эффективности в зависимости от условий проведения эксперимента, в частности, от интерпретации. В качестве одного из параметров оценки эффективности эксперимента можно использовать осознанность его цели, другим параметром может быть адекватность наблюдения студентами визуального сигнала эксперимента.

В проводимом нами на кафедре общей химии исследовании эффективность демонстрационного эксперимента оценивалась путем анкетирования студентов по трем параметрам: А – соотнесение названия эксперимента или уравнения процесса с демонстрационным экспериментом, В – адекватность наблюдения визуального сигнала, т.е. соответствие описания визуальному эффекту, С – осознание цели демонстрационного эксперимента. Анкетирование студентов проводилось сразу после окончания лекции. Студенты могли заполнять анкету анонимно (подписываясь псевдонимом).

#### **Влияние различных параметров на эффективность демонстрационного эксперимента**

Анализ ответов анкеты по параметру А показал, что от 47 до 100% студентов верно соотносят название эксперимента или уравнение процесса с проведенным на лекции экспериментом. В нашем исследовании в большинстве случаев очень малое число студентов “видят” эксперимент, реально не демонстрировавшийся. Однако если этот факт (явление) подробно обсужден лектором, доля “увидевших” студентов резко возрастает. Так, ~20% студентов “увидели” аллотропные модификации углерода и ~22% взаимодействие кислорода с водородом (на лекции этот эксперимент не проводили). Таким образом, даже параметр А (соотнесение названия эксперимента или уравнения процесса с демонстрационным экспериментом) косвенно зависит от текста лекции.

Изучая на первом курсе химию как непрофильную дисциплину, студенты узнают достаточно много нового. Однако существенная часть курса общей и неорганической химии основана на фактах и теориях, хорошо знакомых студентам по школьной программе.

Выделив эксперименты, заведомо знакомые студентам по школьному курсу, мы получим, что доля “увидевших” эксперимент (параметр А) гораздо выше среднего значения (75%) (табл. 1).

Сравнивая более подробно результаты опросов по двум экспериментам, хорошо известным учащимся (взаимодействие калия с водой и взаимодействие карбоната кальция с углекислым газом), мы получаем 88 и 93% “увидевших” эксперимент и соответ-

Таблица 1

Доля студентов, “увидевших” демонстрационный эксперимент

Название эксперимента	Параметр А, %
Взаимодействие $\text{NH}_3$ и $\text{HCl}$	93
Горение магния	96
Полиморфные модификации серы	95
Экстракция иода из водного раствора органическим растворителем	90
Взаимодействие водорода и кислорода	90
Взаимодействие карбоната кальция с углекислым газом	93
Реакция металлического калия с водой	88

ственно 71 и 33% увидевших адекватный сигнал. Доля осознавших цель эксперимента составила 18 и 26%.

В качестве экспериментов, незнакомых студентам по школьной программе, мы рассматривали окисление соли марганца (II) висмутатом натрия и разрушение коллоидной системы гидроксида железа (III) сульфатом аммония. Эти опыты “увидели” 61 и 47% соответственно, что меньше, чем для знакомых по школьной программе опытов. Меньше и доля адекватно увидевших визуальный сигнал (32 и 29% соответственно). В этих экспериментах доля осознавших цель эксперимента меньше 5%, в то время как для других опытов она не опускается ниже 12%.

Таким образом, можно предположить, что наиболее существенным фактором, влияющим на “запоминание” опыта, является “узнавание” материала студентами. Знакомства с материалом на лекции, даже при подробном обсуждении, далеко не для всех студентов достаточно для восприятия опыта и осознания цели эксперимента.

Также нельзя утверждать, что эксперименты с более яркими визуальными сигналами (вспышка, взрыв) запоминаются лучше, чем более “спокойные” опыты. Это наблюдение согласуется с общеизвестными данными.

Исследование эффективности демонстрационных экспериментов, проведенных на лекциях по общей и неорганической химии на потоке “Лечебное дело” факультета фундаментальной медицины, включало сравнение получаемых параметров для различных групп студентов. Для подавляющего большинства экспериментов эффективность по всем параметрам для студентов, посетивших большую часть лекций немногим выше (или близка) эффективности эксперимента для потока в целом. Для некоторых демонстрационных экспериментов в табл. 2 приведены данные анкетиро-

Таблица 2

Эффективность некоторых демонстрационных экспериментов (поток “Лечебное дело” ФФМ МГУ)

Название эксперимента	Доля верно ответивших студентов в целом/доля верно ответивших “активных” студентов, %		
	A	B	C
Полиморфные модификации серы	95/96	62/67	46/52
Коагуляция молока раствором серной кислоты	100/100	71/75	12/11
Взаимодействие $\text{NaBiO}_3$ с $\text{Mn}^{2+}$	61/59	32/33	3/4
Разрушение коллоида гидроксида железа	47/46	29/36	0/0
Взаимодействие карбоната кальция с углекислым газом	93/95	33/40	26/30
Реакция металлического калия с водой	88/89	71/79	18/18

вания в целом и для “активных” студентов. Хотя можно отметить чуть лучшее восприятие эксперимента более “активными” студентами.

Таким образом, эффективность рассмотренных демонстрационных экспериментов слабо зависит от посещаемости лекций студентами, что, по-видимому, обусловлено достаточностью материала текущей лекции для восприятия. Исследование модификаций демонстрационного эксперимента показало, что использование кинестетической составляющей существенно повышает эффективность эксперимента, а именно, число студентов, “увидевших” эксперимент, возрастает с ~75 до 95–100%. В опыте по получению пластической серы студентам было предложено потрогать полученный объект, а в опыте по коагуляции молока кислотой – рассмотреть более близко полученный продукт (подержать в чашке Петри). Доля увидевших адекватный визуальный сигнал ~62 и ~71% соответственно, что достаточно высоко. При этом цель простого с точки зрения формирования понятия эксперимента (получение пластической серы) осознало 46,2%, а цель более сложного эксперимента (коагуляции коллоида) – 12%. Таким образом, и изучение эффективности демонстрационного эксперимента дает возможность не только сравнивать его различные формы, но и модифицировать для лучшего достижения целей обучения. Конечно, лекционный курс не дает возможности широко использовать кинестетическую составляющую, но для некоторых экспериментов можно повысить эффективность путем такой модификации.

Изучение эффективности “сложного” демонстрационного эксперимента (реакция Ландольта)

Анализ результатов лекционных опросов с учетом различий групп (потоков) студентов позволяет предложить направления дальнейшего развития демонстрационного эксперимента. Реакция Ландольта – эксперимент, имеющий большое значение для курса общей химии, поэтому на лекции ему уделяется достаточно много времени. В ходе этого эксперимента определяют время прохождения реакции при трех концентрациях иодата (концентрация сульфита неизменна). Реакция протекает в кислой среде, поэтому при написании уравнения лектор часто записывает в качестве исходных не иодат калия и сульфит натрия, а иодную и сернистую кислоты.

Так, анализ эффективности демонстрации реакции Ландольта на лекции потока “Лечебное дело” ФФМ показал следующее: “увидели”, т.е. соотнесли эксперимент с уравнением реакции около 61% студентов, присутствующих на лекции (38 из 62), остальные студенты либо утверждали, что этот эксперимент на лекции не демонстрировали, либо отказались от ответа на этот вопрос (10%). Так как уровень знаний студентов по химии год от года непостоянен, как и подготовка студентов к конкретной лекции, сравним этот эксперимент с другими, демонстрировавшимися на той же лекции (табл. 3).

Анализ табл. 3 показывает, что эксперимент, демонстрировавший реакцию Ландольта, соотнесли с уравнением реакции несколько хуже, чем остальные эксперименты этой же лекции, несмотря на то что для некоторых экспериментов характерен не очень явный эффект. Таким образом, по-видимому, очевидность, яркость визуального сигнала эксперимента оказывается не так значима, как другие факторы.

Та же тенденция наблюдается и для факультета почвоведения (табл. 4). Уровень знаний студентов факультета почвоведения и потока “Лечебное дело” ФФМ различается несущественно. При этом стоит отметить более полное описание наблюдений студентами-почвоведцами в ходе этого эксперимента (реакции Ландольта), по сравнению с другими демонстрационными экспериментами, проводившимися на этой же лекции.

Неверный ответ на вопрос А (соотнесение названия эксперимента или уравнения процесса с демонстрационным экспериментом) свидетельствует о том, что студенты не могут сопоставить запись в листе опроса с проведенным на лекции экспериментом. На наш взгляд, причины низких значений этого параметра

Т а б л и ц а 3

## Эффективность некоторых демонстрационных экспериментов (поток “Лечебное дело”, ФФМ МГУ)

Название эксперимента	“Увидели” эксперимент		Отказ от ответа	
	число студентов	доля от общего числа, %	число студентов	доля от общего числа, %
Реакция Ландольта	38	61	6	10
Взаимодействие аммиака с кислородом воздуха	45	73	4	6
Экстракция иода из водного раствора органическим растворителем	56	90	4	6
Взаимодействие водорода с кислородом	56	90	4	6
Взаимодействие хлората калия с фосфором	49	79	5	8
Смещение равновесия в системе $Fe^{3+}/SCN^-$	44	71	9	15

Т а б л и ц а 4

## Эффективность некоторых демонстрационных экспериментов (факультет почвоведения МГУ)

Название эксперимента	“Увидели” эксперимент		Приведено верно не менее одного наблюдения		Среднее число полностью верных описаний наблюдений
	число студентов	доля от общего числа, %	число студентов	доля от общего числа, %	
Реакция Ландольта	46	60	45	58	0,78
Взаимодействие аммиака с кислородом воздуха	52	67	34	44	0,16
Реакция иода с алюминием	77	100	70	91	0,58

эффективности демонстрации реакции Ландольта на потоке “Лечебное дело” и факультете почвоведения близки, а именно, неготовность студентов воспринимать материал в предлагаемом виде – студенты не могут столь быстро (фактически на уровне навыка) сопоставлять молекулярные и сокращенные ионные уравнения реакций. Лектор в процессе обсуждения реакции Ландольта использовал сокращенные ионные уравнения, в которых реагенты были записаны в виде соответствующих кислот, а в тестовом задании были приведены вещества, вступающие в реакцию. Согласно нашим наблюдениям за работой студентов этих потоков в практикуме, большинство студентов соотно-

сят ионные уравнения реакций и молекулярные на уровне умения, но не навыка, что согласуется с данными лекционных опросов.

Одной из целей проведения реакции Ландольта на лекции была демонстрация зависимости скорости химической реакции от концентрации реагентов. Тем не менее на заданный сразу после лекции вопрос “подчиняется ли реакция закону действующих масс” большая часть студентов (36 из 62) отказалась отвечать и только 19 человек (около 31%) ответили верно. При этом на тот же вопрос, относящийся к реакции аммиака с кислородом, верно ответили более половины (52%) студентов потока “Лечебное

Таблица 5

**Эффективность некоторых демонстрационных экспериментов (геологический факультет МГУ, потоки “геофизика” и “общая геология”)**

Название эксперимента (поток)	«Увидели» эксперимент		Приведено верно не менее одного наблюдения		Среднее число полностью верных описаний наблюдения
	число студентов	доля от общего числа, %	число студентов	доля от общего числа, %	
Реакция Ландольта (геофизика)	27	79	20	59	0,59
Равновесие в системе $\text{NO}_2/\text{N}_2\text{O}_4$ (геофизика)	31	91	16	47	0,47
Доказательство диссоциации уксусной кислоты (электропроводность) (геофизика)	26	76	13	38	0,38
Тепловой эффект взаимодействия этанола с водой (геофизика)	30	88	15	44	0,44
Реакция Ландольта (общая геология)	39	91	32	74	0,74
Взаимодействие аммиака с кислородом воздуха (общая геология)	42	98	21	49	0,21

дело”, хотя по отношению к этой реакции вопрос кинетического уравнения не обсуждался.

Однако, как уже отмечалось выше, для лекционного эксперимента “реакция Ландольта” характерно более полное описание наблюдений в ходе эксперимента, чем для других демонстрационных экспериментов, проводившихся на этой же лекции (факультет почвоведения). Эта же тенденция прослеживается и при сравнении демонстрации реакции Ландольта с другими демонстрационными экспериментами для студентов геологического факультета (табл. 5).

По-видимому, объяснение этого факта в том, что только студенты, обладающие достаточным уровнем знаний по химии, смогли соотнести уравнение реакции и запись реагентов для реакции Ландольта. Для других демонстрационных экспериментов этот “порог” был существенно ниже. Согласно методике опроса, описывали визуальный сигнал только студенты, верно указавшие, что эта демонстрация была на лекции. Соответственно более полное описание наблюдений в ходе этого эксперимента объясняется тем, что среди хорошо подготовленных студентов выше доля правильно воспринимающих визуальный сигнал демонстрационного эксперимента. Для проверки этого утверждения необходимо проверить наличие связи между

долей верных ответов на лекционных опросах и успеваемости студентов.

***Влияние на эффективность восприятия демонстрационного эксперимента успеваемости студентов***

Используемая нами методика предполагала анонимное анкетирование (псевдонимы) и деанонимизация была проведена только после окончания семестра (после экзамена), и вследствие этого проверить наличие связи [3, 4] между долей верных ответов на лекционных опросах и успеваемости студентов удалось на меньшей выборке (31 студент потока “Лечебное дело” ФФМ).

Для эксперимента, демонстрировавшего взаимодействие сероводорода и оксида серы (IV), можно предположить связь между успеваемостью (оценкой за коллоквиумы) и правильностью определения визуального сигнала и ответом о природе реакции (ОВР). Так, в группе студентов, получивших оценки за коллоквиум преимущественно “отлично”, доля верных ответов на вопрос о природе реакции составляет 60%; в группе студентов, получивших оценки за коллоквиумы преимущественно “хорошо” и “ниже хорошо” – от 27% до 20%; в группе студентов, сдавших коллоквиумы на “удовлетворительно” и ниже нет верных ответов. Та же тенденция

прослеживается для ответа на вопрос о визуальном эффекте реакции взаимодействия сероводорода и оксида серы (IV).

Для группы студентов, получивших оценки за коллоквиум преимущественно “отлично”, гораздо выше доля (88%) “видевших” реакцию Ландольта, чем в остальных группах (45–60%), что согласуется с нашим предположением. Для ответа на вопрос об обратимости равновесия в системе железо (III)–роданид-ион также наблюдается существенное различие доли верных ответов между группой студентов, получивших за коллоквиумы оценки “хорошо” и выше, и группой, получивших оценки “хорошо” и ниже.

Однако в случае достаточно простых для восприятия опытов – экстракция иода из водного раствора органическим растворителем, взаимодействие кислорода с водородом – для этих групп студентов нет различия в соотношении эксперимента с названием или записью уравнения реакции (и эта доля 80–100%). Для достаточно простого эксперимента с невысоким визуальным эффектом – взаимодействие аммиака с кислородом воздуха – также нет разли-

чий, хотя доля соотношения эксперимента с записью уравнений невысока (50–70%).

Таким образом, можно предположить существование “порога восприятия” эксперимента, связанного с подготовленностью студентов (общим уровнем знаний). Следовательно, подробное обсуждение эксперимента оказывается эффективным для более подготовленных студентов. Для менее подготовленных студентов лекционное представление материала, в частности в виде демонстрационного эксперимента, не является самой эффективной формой преподавания. Для этой группы студентов более, чем для “подготовленных” студентов, важны семинары и практические занятия. Следовательно, именно для этих студентов необходимо повторно обсуждать наиболее сложный лекционный материал, в том числе и демонстрационный эксперимент, на семинарских или практических занятиях. Также необходимо не только улучшать наглядность демонстрационного эксперимента, но и проводить со студентами работу по формированию и развитию умения наблюдать химический эксперимент.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попков В.А., Коржуев А.В. Теория и практика высшего профессионального образования. М., 2004.
2. Visualization in Science Education Volume 1/ Ed. by K. John. Gilbert – Netherlands, 2005.
3. Гусев А.Н., Измайлов Ч.А., Михалевская М.Б. Измерение в психологии: общий психологический практикум. М., 2005.
4. Сидоренко Е.В. Методы математической обработки в психологии. СПб., 2004.

Поступила в редакцию 16.11.2009

## EFFECTIVENESS OF THE CHEMISTRY DEMONSTRATIONS IN THE COURSE OF GENERAL CHEMISTRY

Ye.V. Bataeva, V.V. Demin, S.F. Dunaev

(Division of General Chemistry)

**Chemical demonstrations play a significant role in forming of different chemical conceptions. So, close studying of chemical demonstrations leads to the ways of modification demonstrations. Study of chemical demonstration's effectiveness was cared out and its results are discussed. Some factors, which are of a great importance for the results of the demonstration, are marked out. The effectiveness of the demonstration was determined using three parameters: how good the correspondence between demonstration and chemical equation is established, how full the demonstration is described and how correctly the aim of the demonstration is recognized by the students. Also in the article the effectiveness of a number of experiments and the ways of their modification are discussed.**

**Keywords:** *chemical demonstration, effectiveness, general chemistry.*

**Сведения об авторах:** Батаева Елена Викторовна – доцент химического факультета МГУ, канд. пед. наук (bataeva\_e\_v@mail.ru); Демин Виктор Викторович – аспирант, МГУ (v-i-k@mail.ru); Дунаев Сергей Федорович – зав. кафедрой общей химии химического факультета МГУ, докт. хим. наук, профессор (dunaev@general.chem.msu.ru).