

ХИМИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ В РОССИЙСКИХ ШКОЛАХ

Жилин Д.М.

*Московский институт открытого образования,
Средняя общеобразовательная школа № 192 , Москва, Россия*

Роль химического эксперимента: традиции и современность

До недавнего времени необходимость химического эксперимента была настолько общим местом, что даже не обсуждалась. Однако за последние двадцать лет в школьном химическом эксперименте произошли следующие принципиальные изменения:

- стали доступны видеозаписи экспериментов;
- стали доступны программы для проведения имитационных экспериментов (при которых учащиеся «проводят реакции» на экране монитора);
- усилилась озабоченность (часто чрезмерная) проблемами безопасности школьников, что выливается в попытки оградить их вообще от любого риска;
- длительное время материально-техническое оснащение школ было таким, что эксперименты де-факто не проводились, и культура школьного химического эксперимента в значительной мере деградировала.

В результате зазвучали голоса, что эксперимент не нужен вообще, или его можно заменить имитациями и видеозаписями. Поэтому возникают вопросы:

- в какой мере нужен реальный химический эксперимент?

- можно ли его заменять имитациями или видеозаписями (и если да, то в какой мере)?

Если же реальный химический эксперимент все же необходим, то

- на какие аспекты обучения химии эксперимент влияет, а на какие – нет?
- как наиболее эффективно включить эксперимент в курс химии, и каковы критерии эффективности при этом?
- как наиболее эффективно организовать эксперимент, и каковы критерии эффективности при этом?
- как следствие – каков оптимальный набор химических экспериментов в курсе?
- каков наиболее эффективный дизайн инструктивных материалов для школьного эксперимента?

При обсуждении этих тем следует помнить, что вопрос выбора между химическим экспериментом, имитацией эксперимента, видеозаписями или полным отсутствием химического эксперимента есть вопрос финансовый. Производители имитационных программ и видеозаписей, так или иначе, продвигают свои продукты, производители оборудования для реального эксперимента – свои, а желающие потратить деньги на красивые занавески в кабинете стараются вовсе поставить необходимость эксперимента под сомнение.

К сожалению, отечественная педагогическая школа почти не дает ответы на поставленные выше вопросы. Зарубежная литература тоже не очень богата ответами на них. В этом разделе будет проведен критический обзор имеющихся материалов по данным вопросам вкупе с собственными наблюдениями автора. Наблюдения основаны на пятнадцатилетнем опыте организации химического эксперимента в самых разных видах в школах Москвы и в системе дополнительного образования.

Аргументы, по которым «живой» химический эксперимент все-таки необходим, мы разделим на три группы: аксиологические (эксперимент как самостоятельная ценность и деятельность, обладающая личностной значимо-

стью; Фадеев с соавт., 2010); общеутилитарные (формирования меж- или надпредметных умений и навыков) и инструментальные (эксперимент как инструмент, облегчающий познание тех или иных понятий и теорий в химии).

Аксиологическая роль химического эксперимента

Начнем с аксиологической группы аргументов, которая как таковая обсуждается в российской и зарубежной литературе только с недавнего времени.

Первая задача химического эксперимента, имеющая собственную познавательную ценность – разгадать, что же образуется в результате. Коль скоро для многих детей ценностью является решение головоломок или прохождение квестов на компьютере (а то, что оно является ценностью, подтверждается огромными объёмами продаж квестов), то здесь перед нами реальный квест, причем с неизвестным заранее результатом. Коль скоро для многих ценностью является наблюдение событий с непредсказуемым результатом (например, прямой трансляции футбольных матчей), то химический эксперимент может быть ценностью как такое событие. Видеозаписи и имитационные эксперименты в этом случае неприемлемы по той же причине, по которой футбольные болельщики не любят смотреть футбол в записи.

Химический эксперимент также обладает эстетической ценностью – многие эксперименты так или иначе воздействуют на чувство прекрасного (положительно или отрицательно).

Самоценность химического эксперимента подтверждается следующими наблюдениями.

- Коммерческим успехом различных наборов «Юный химик». Так, разработанный автором (Жилин, 2001) набор «Юный химик» из серии «Научные развлечения» ежегодно расходуется тиражом в несколько тысяч экземпляров (Богданова, 2011). Основная масса потребителей – родители школьников 8-14 лет, то есть того возраста, когда химии в школе ещё нет и аттестация не может являться мотивацией для покупки достаточно дорого-

стоящего (около 2.5 тысяч руб.) набора. При этом из всех образовательных наборов серии «Научные развлечения» (в том числе и других наборов, разработанных автором) набор «Юный химик» наиболее популярен (хотя этот факт можно интерпретировать по-разному).

- По отзывам учеников автора, много лет внедряющего химический эксперимент в школе №192 г. Москвы, химический эксперимент – один из наиболее запоминающихся компонентов обучения. Школьники неоднократно подчеркивали свое положительное к нему отношение, хотя затруднялись ответить, чем же он им так полезен.
- В течение пяти лет раз в неделю школьники восьмого и девятого биолого-химического класса школы №192 г. Москвы посещают необязательные (и неоцениваемые) лекции автора, на которых автор демонстрирует различные эксперименты и объясняет стоящую за ними химию.
- Школьники десятого класса нашей школы в течение двух лет раз в две недели посещают необязательные занятия по органическому синтезу. При этом, когда автор поделился с ними проблемой выставления оценок за эти занятия, школьники *сами* предложили (и *консенсусом* согласились), чтобы оценки за эти занятия им не ставили вообще. Учитывая, что получаемые ими в ходе практических работ знания, умения и навыки практически не востребованы ни при каких формах аттестации, объяснить их мотивацию иначе, как личностной самооценностью химического эксперимента, автор не может.
- Учащиеся нашей школы, если у них долго нет практических работ, начинают их просить открытым текстом.
- В ответ на вопрос «Для чего на уроках химии проводят эксперименты» многие учащиеся отвечают «чтобы было интересно» (Дорофеев, Стунеева, 2010).

Эстетическая ценность химического эксперимента подтверждается следующим.

- Возгласами типа «ух, как красиво!», которые издают школьники, наблюдая или проводя эксперименты. Интересное наблюдение по этому поводу сделано автором в 2011 году, когда школьники XI биолого-химического класса три занятия подряд проводили химические эксперименты по разным темам, которые могут встретиться в олимпиадах. Если работы по исследованию свойств газов и солей переходных металлов они проводили достаточно спокойной, то в ходе работы по теме «соединения хрома» школьники (несмотря на большой опыт практических работ за плечами) бурно выражали свое восхищение многочисленными цветовыми переходами.
- Из всех экспериментов школьники лучше всего запоминают наиболее яркие. При этом они могут быть как красивыми, так и неэстетичными. Так, опрос школьников по окончании органического практикума десятого класса показал, что лучше всего школьники запомнили синтез аллигорчичного масла, обладающего отвратительным запахом.

Личностная значимость химического эксперимента подтверждается Полосиным (1992). На основе собственных наблюдений он отмечал, что описание личного опыта неизменно вызывает у учащихся научный интерес. Более того, те темы, по которым Полосин делился ярким личным опытом, учащиеся лучше всего отвечали на экзамене. В настоящее время личностную значимость химического эксперимента исследует (и подтверждает) В.В. Загорский, но большая часть его результатов еще не опубликована.

Из всего изложенного в этом разделе следует простой вывод: химический эксперимент нужно проводить, поскольку он представляет собой самостоятельную ценность, и лично значим для школьников. Ни имитации, ни видеозаписи его при этом не заменят. Естественно, эксперименты следует ставить так, чтобы их самостоятельная ценность и личностная значимость была максимальной.

Общеутилитарная роль химического эксперимента

Эксперимент есть способ взаимодействия с окружающим миром. Умение ставить эксперименты и интерпретировать их результаты есть важнейший надпредметный навык, а потому обладает общеутилитарной ценностью. Формирование такого умения отмечал Полосин (1980). Имитационный химический эксперимент не может заменить реальный, поскольку в реальном гораздо больше возможных исходов, чем в имитационном. Например, компьютерные имитации взаимодействия растворов CuSO_4 и NaOH ограничиваются схематическим образованием $\text{Cu}(\text{OH})_2$. Между тем, реальное взаимодействие может привести не только к этому продукту, но и к различным основным солям и гидроксокомплексам меди (Жилин, 2010).

Цветков (1981) отмечал (умозрительно) важную роль эксперимента в формировании научно-материалистического мировоззрения учащихся. К сожалению, строгих исследований влияния химического эксперимента на мировоззрение нет ни в России, ни, тем более, на Западе (в английском языке даже нет корректного эквивалента слову «мировоззрение»). На Западе в этом ключе исследуется роль эксперимента в формировании представлений о науке и научной работе. Результаты Sere et al. 2001 показали, что комментарии студентов (опрошено 368 человек) по реальным ситуациям в исследованиях весьма далеки от научных.

Один из конструктивистских подходов вообще предлагает вести обучение школьников так, чтобы они повторяли реальную научную работу (authentic practice), однако результаты этой деятельности более, чем спорны. В первую очередь это объясняется перегрузкой рабочей памяти, поскольку научная работа требует, как правило, оперирования большим количеством сложных объектов (Merriënboer et al., 2003).

Важность развития экспериментальных умений и навыков учащихся отмечали Кирюшкин и Полосин (1970), однако на наш взгляд, в условиях быстро меняющегося мира, сами по себе навыки проведения химического эксперимента имеют лишь вспомогательное значение. Гораздо важнее, что зада-

чи химического эксперимента могут быть использованы как инструмент развития технического творчества (на уровне самостоятельного конструирования и сбора экспериментальных установок), однако это направление ни в российской, ни в зарубежной методической литературе не проработано.

Как это ни парадоксально, эстетическая ценность может плавно перетечь в утилитарную. Так, Чайковский (1990) выдвинул идею, что на основе эстетических чувств формируются ряды и аналогии в далеких друг от друга областях, то есть эстетические чувства оказываются одним из надпредметных инструментов познания мира. Ему вторит Dahlin (2001) и авторы, на которых он ссылается, утверждающие (скорее на основе философских рассуждений), что чувственное, эстетическое восприятие облегчает научную идеализацию мира. На этом основании он выступал против подходов, уделяющих излишнее внимание формированию концептуальных знаний. И хотя границы применимости такого «диатропического» подхода не исследованы, он в какой-то мере может оказаться полезным.

Инструментальная роль химического эксперимента

Советская педагогическая школа (формирующаяся до компьютерной революции и распада СССР – причин, вызвавших перечисленные в самом начале изменения в школьном химическом эксперименте) формулирует ряд инструментальных функций химического эксперимента. Будучи вполне разумными, они по большей части звучат настолько обобщенно, что построить на их основе непротиворечивые практические рекомендации с указанием границ их применимости довольно сложно. Кроме того, эксперименты по установлению границ применимости тех или иных рекомендаций в СССР и России практически не проводились, и большая часть выводов базируется на недокументированном опыте учителей.

Так, по Кирюшкину и Полосину (1970) эксперименту отводится главным образом роль закрепления и улучшения знаний через уточнение понятий путем выделения существенных признаков и обучение применению знаний в решении экспериментальных задач. По Цветкову (1981) химический экспе-

римент имеет и познавательную роль, которая, однако, ограничена восполнением пробелов в чувственном опыте учащихся ибо эксперимент, по Цветкову, относится к средствам наглядности.

Гальбух с сотр. (1987) отмечал значение эксперимента в развитии личности ученика через применение не только умственной, но и наблюдательной и моторной деятельности, а также овладение общими методами работы и умением решать различные проблемы. Гальбух также отмечает развитие навыков принятия решения, для чего нужны не просто знания и умения, но и способность выбирать необходимые из имеющихся. На современном языке можно сказать, что эксперимент развивает компетентность учащихся. К сожалению, Гальбух также не приводит никаких экспериментальных подтверждений вышеуказанным утверждениям.

Таким образом, советская педагогическая школа достаточно четко ставит школьный эксперимент *вслед* теории (сводя его роль к закреплению, усовершенствованию и использованию знаний). Хотя более старые работы советской методической школы (цит. по Кирюшкин Полосин, 1970) видели роль эксперимента в изучении нового материала, однако односторонность этого подхода вызывала нарекания. Советская школа также придает большое значение целеполаганию в постановке эксперимента, причем цель полагается учителем в соответствии с дидактической ролью эксперимента.

Однако ряд наблюдений (часть из них сделана автором, другую часть наверняка может провести любой учитель), показывает, что собственная познавательная активность школьника никак не укладывается в обозначенные выше рамки. Так, если школьникам, только начинающим изучать химию, выдать набор веществ, даже обозначив какую-то цель, они очень быстро начнут смешивать все подряд или спрашивать «а что будет, если мы смешаем это с тем?». После демонстрации некоторых опытов (например, аммиачного фонтана) школьники загораются желанием повторить его самостоятельно. Если им такую возможность предоставить, они с переменным успехом эти опыты повторяют. Продвинутые школьники также выражают желание про-

вести ряд опытов самостоятельно. Как правило, речь идет о получении веществ с интересными свойствами (например, оксида серы (IV), меркаптанов, иодистого азота и т.д.). Подобное поведение никак не укладывается в рамки вторичной, иллюстративной роли химического эксперимента. Зато прекрасно укладывается в рамки познавательной игровой деятельности, которое, по Осориной (2000) есть движущая сила познания мира, по крайней мере в детском возрасте (а по нашим наблюдениям – вплоть до VIII-IX класса).

На Западе уже давно осознали первичность экспериментальной деятельности в познании мира. Там весьма популярны различные конструктивистские подходы, эксплуатирующие «естественное любопытство» школьников: обучение через открытие (*discovery learning*), обучение по интересу (*inquire-based learning*) и т.д. Хотя часто западные педагоги перегибают палку, оставляя естественное любопытство в качестве единственного движущего фактора обучения (что приводит к критике, например Kirshner et al., 2006); в определенных границах это, видимо, эффективно.

В соответствии с конструктивистским подходом (и в этом он смыкается с когнитивными теориями), большинство научных принципов (*concept*) коренятся в эмпирической реальности, и через процесс классификации (*categorization*) обеспечивают внутреннюю связность (*internal cohesion*) и согласованность (*coherence*) с какой-либо областью жизненного опыта (*experience*) (Stavridou & Solomonidou 1998). Это экспериментально подтверждено Erlis & Subramaniam (2004), которые, при помощи опроса студентов и тестов с выбором ответа показали, что демонстрационный эксперимент фиксирует внимание студентов, разжигает любопытство, а также способствует лучшему концептуальному пониманию. Улучшение концептуального понимания студентов, которым демонстрировали химические эксперименты по сравнению с теми, кому не демонстрировали ничего, подтверждается многочисленными работами (McKee et al., 2007 и ссылки там).

Ещё одна важная роль химического эксперимента – организация когнитивного конфликта (Baddock & Bucat 2008). Когнитивный конфликт заклю-

чается в передаче школьнику опыта, который не объясняется имеющимися у него знаниями и представлениями. В результате возникает (по Пиаже) состояние выхода из равновесия, побуждающее для возврата в него изменить теории или представления. Однако организация когнитивного конфликта есть довольно сложная задача – когнитивный конфликт возникает далеко не у всех школьников, а неграмотная постановка эксперимента вместо организации когнитивного конфликта способна просто запутать школьников.

Индивидуальный эксперимент также способен вызвать когнитивный конфликт. Как показало исследование Hamza & Wickman (2008), анализирующих диалоги студентов при выполнении практических работ по электрохимии, студенты в ходе выполнения сами ощущали ложность своих представлений, что иногда стимулировало их рассуждения.

Интересен опыт организации когнитивного конфликта, подводящего школьников к принципам научного познания и обработки научной информации (Дорофеев, Стунеева, 2010). Школьникам показывают видеоролик, в котором наполняют стакан водой, опускают в него две батарейки «на 30-40 минут» и потом поджигают воду. Когда школьники пытаются повторить этот эксперимент и им это не удается, они понимают, что их обманывают и так осознают, что не всему опубликованному можно верить.

И, наконец, замечание, которое автор никогда не встречал в литературе, но которое следует из всего профессионального опыта автора. Урок, на котором проводится химический эксперимент, при условии грамотной организации и надлежащих инструктивных материалов, требует от учителя гораздо меньше усилий, чем обычный урок. Бремя организации работы и мыслительного процесса школьника переносится с учителя на инструктивный материал, а бремя мотивирования несет материал сам по себе.

Подытоживая, можно сформулировать инструментальную роль химического эксперимента следующим образом:

- химический эксперимент способствует увеличению интереса к химии;

- химический эксперимент формирует концептуальное понимание на основе эмпирической реальности;
- химический эксперимент – мощный инструмент организации когнитивного конфликта;
- химический эксперимент сам по себе является организующим фактором, облегчая работу учителя на уроке.

Тем самым химический эксперимент должен не *подтверждать* или *иллюстрировать* теорию, а *формировать* ее. А это значит, что эксперимент должен преимущественно идти впереди теории. Эффективность использования средств наглядности *перед* теоретическим объяснением (для школьников кроме самых сильных, для которых порядок не имеет значения) подтверждена Ахметовым с сотр. (2010). К сожалению, этот подход к химическому эксперименту в России практически не реализуется – исключение составляет учебно-методический комплект издательства Бином (Жилин, 2010б). Такой же подход мы использовали при создании набора «Юный химик» (Жилин, 2001) и коммерческий успех этого набора косвенно свидетельствует в пользу адекватности этого подхода.

База для химических экспериментов в российских школах

Юридическая база

Говорить о наличии серьёзной юридической базы химического эксперимента в современной российской школе сложно по целому ряду причин. С одной стороны, это дремучая юридическая безграмотность подавляющего большинства учителей, административных работников и низовых сотрудников органов народного образования. С другой – отсутствие внятной и поддерживаемой обществом законодательной политики в области образования. В результате отдельные компоненты законодательства, подзаконные акты и правоприменительная практика периодически противоречат друг другу, а всё это вместе – здравому смыслу и интересам общества. Все это выливается в то, что многие учителя и школьная администрация стараются вообще избавиться от химического эксперимента.

В идеале, юридическая база должна регламентировать следующие аспекты школьного химического эксперимента:

1. Какие эксперименты, и в каком количестве проводить.
2. Как оценивать их эффективность и соотносить их с аттестацией школьников.
3. Кто и в какой мере оплачивает расходы на химический эксперимент (оборудование, реактивы, подготовку работ и т.п.).
4. Меры обеспечения безопасности эксперимента *без ущерба для его качества*
5. Меры по эффективному использованию оборудования и реактивов.

Разберем состояние юридической базы по перечисленным выше пунктам.

Количество и набор химических экспериментов регламентируется Государственным стандартом общего образования (VIII-IX класс) и Государственным стандартом полного образования (X-XI классы). Действующий в настоящее время стандарт полного образования в части обязательного минимума содержит раздел «Экспериментальные основы химии», который может быть доведен до школьников только в рамках практических работ. Требования к умениям школьников также включали ряд экспериментальных умений (даже на базовом уровне). Аналогичные требования содержались в стандарте общего образования, который действовал до 2011 года. При этом школа, в соответствии с Законом об образовании, свободна в выборе программы. Таким образом, если эксперимент есть в утвержденной программе, его проводить можно и нужно. Прямого запрета на проведение экспериментов, не входящих в школьную программу, равно как и прямого разрешения нет.

Несмотря на то, что Стандарт в явном виде требует от школьников сформированности экспериментальных умений, эти умения никак не проверяются. Для их проверки в формате ГИА и ЕГЭ существует юридическая коллизия. С одной стороны, на итоговой аттестации по предмету не допускается присутствие учителей – специалистов в данном предмете. С другой сто-

роны, такие специалисты требуются по нормам техники безопасности. Эту коллизию можно было бы разрешить, допустив присутствие специалистов на этапе проверки экспериментальных навыков, или сформировав такие экспериментальные задания вместе с наборами для их проведения, которые позволили бы принимать необходимые решения по безопасности неспециалистам. Однако на данный момент этим никто не озабочен, поэтому проверка экспериментальных навыков и умений из всех форм итоговой аттестации выпадает.

Ещё более запутана ситуация с юридическими основаниями материально-технического обеспечения школьного практикума по химии. По сути, оно не регламентировано. Нормативы финансирования отсутствуют, и, главное, непонятно, на чём они должны основываться. Периодически появляются перечни оборудования и реактивов для кабинета химии, однако ни у одного такого перечня нет юридического статуса. Обоснованность этих перечней вызывает вопросы. Доходит до смешного: из перечня в перечень кочует вещество «меди гидроксид», которое в принципе не хранится в склянках, поскольку при хранении превращается в оксид. Но самая большая юридическая проблема – соотнесение (хотя бы предполагаемое) этого перечня с финансированием. Непонятно, являются ли требования перечней минимальными (то есть всё, что входит в него, должно быть профинансировано в обязательном порядке и ещё что-то сверх того) или максимальными (то, что не входит в перечень, финансироваться не должно, а то, что входит – по возможности).

Нам представляется, что не может существовать единого перечня оборудования для всех кабинетов химии хотя бы потому, что существует более десяти утвержденных программ по химии, экспериментальное наполнение которых сильно различается (и об этом будет разговор в разделе «методическая база»). Представляется разумным, чтобы перечень оборудования и реактивов с нормами расхода определялся программой и тем самым оборудование и реактивы были бы частью учебно-методического комплекта. Автор этой статьи, составляя свой учебно-методический комплект, соответствующий перечень

составил (Жилин, 2010в), однако юридического статуса у него по-прежнему нет.

Де-факто школы в России не могут приобрести необходимое им оборудование. Если оборудование и реактивы поставляются, то их оплачивают органы образования. При этом как оборудование, так и его поставщики выбираются по непрозрачным схемам, а контроль за качеством оборудования (в том числе и за соответствием его дидактическим задачам) отсутствует. Так, среди поставлявшихся в школы Москвы реактивов попадались «основной карбонат меди», который не разлагался при нагревании, и «серная кислота», напоминавшая по виду деготь.

Наиболее тяжелая ситуация наблюдается в вопросах обеспечения разумной безопасности. Практика такова, что эти меры приводят к тому, что многие учителя (сами или по настоянию школьной администрации) вообще отказываются от проведения химического эксперимента. Вопросы безопасности регулируются двумя документами: «Правила техники безопасности для кабинетов (лабораторий) химии общеобразовательных школ Министерства просвещения СССР» (введена Приказом Министерства просвещения СССР от 10 июля 1987 года № 127) и Правилами противопожарной безопасности ППБ 01-03. Инструкции в целом вполне разумные (хотя в «Правилах» есть ряд откровенно непродуманных моментов). Однако помимо этого существуют многочисленные и разрозненные статьи в законах и подзаконных актах, касающихся требований к безопасным условиям труда, в которых практически никто не ориентируется. Зато в среде педагогической общественности активно ходят слухи о судебных процессах против учителей (не обязательно химии) по всяким надуманным поводам, каковые процессы учителя проигрывают. Такие слухи (особенно если они обоснованы) говорят о том, что реально вопросы безопасности юридически не прописаны.

На наш взгляд, в вопросах юридического обеспечения безопасности есть несколько концептуальных проблем, которые хотелось бы здесь рассмотреть.

Первая концептуальная проблема заключается в установлении границ допустимых рисков. Очевидно, что процесс обучения есть процесс познания нового, а такой процесс никогда не бывает абсолютно безопасен. Школьники могут обжечься, получить дырку на одежде и т.п. Считать ли волдырь площадью 1 см² допустимым? Как показывает мой опыт общения со школьниками, в подавляющем большинстве они относятся к подобного рода травмам спокойно. Однако отдельные родители от такого рода травм напрягаются. В результате меры безопасности направляются на исключение всякого риска, что можно достичь, только исключив эксперимент вообще. При этом, проработав до семнадцати лет в безопасной среде, не приобретя чувства опасности и навыки безопасного поведения, выпускники мужского пола через год после окончания школы идут в армию – среду, которая не может быть безопасной по определению. Сколько несчастных случаев в армии связано с тем, что у вчерашние школьников отсутствует чувство опасности, остается только гадать.

Вторая концептуальная проблема заключается в учете индивидуальных особенностей учащихся – как поведенческих, так и физиологических. Очевидно, что среди учащихся есть некоторое количество аллергиков, астматиков и прочих болезненных, которым противопоказано общение с отдельными (или многими) веществами. Вопрос в мере такой опасности (см. первую концептуальную проблему) оставим за скобками и примем, что она существует. Кроме того, среди учащихся есть «отморозки», которым давать реактивы в руки опасно, ибо они могут сознательно или бессознательно воспользоваться ими во вред окружающим. Ни первых, ни, в особенности, вторых школьников нельзя допускать к экспериментам. Однако отсутствие системы индивидуальной работы с такими школьниками не позволяет удалять их с отдельных уроков. В результате из-за одного-двух болезненных или моральных уроков весь класс остается без эксперимента.

Серьезные юридические проблемы также создают зоны, казалось бы, не имеющие отношения к школе. Наиболее вопиющий пример положений Фе-

дерального Закона №3 от 08.01.1998 «О наркотических средствах и психотропных веществах» и Постановление Правительства РФ от 30 июня 1998 г. N 681 (с изменениями от 6 февраля, 17 ноября 2004 г., 8 июля 2006 г.). Этот закон, составленный и принятый химически безграмотными людьми, нанес по химическому эксперименту в школах (а также в вузах и научно-исследовательских учреждениях) серьезнейший удар. Закон вводит жесткие меры оборота прекурсоров, а постановление включает в список прекурсоров такие распространенные вещества, как серная кислота (мировое производство более 120 млн тонн в год), соляная кислота, перманганат калия и другие вещества, доля которых, идущая на изготовление наркотиков, исчезающее мала по сравнению с использованием в других областях. Надо заметить, что под определение прекурсора, данное в этом законе, прекрасно попадает вода, которая, видимо, не попала в список прекурсоров исключительно по недосмотру.

Ещё одна критическая юридическая проблема на пути химического эксперимента (особенно с дорогостоящим оборудованием вроде цифровых лабораторий) есть проблема материальной ответственности. Во многих школах материальную ответственность за оборудование несет учитель (на спорных юридических основаниях и не получая за это никакой компенсации). Иногда материальную ответственность несет другое лицо (например, зам. директора по хозяйственной части), что совсем странно, ибо единственный доступный ему метод контроля оборудования – запереть его на замок. При этом не существует никаких нормативов боя, износа или утраты оборудования. Естественно, это стимулирует учителя использовать оборудование как можно реже. Более того, автору известны случаи, когда при поставке дорогостоящего оборудования (в первую очередь, цифровых лабораторий) в школы его дальнейшую судьбу отслеживала прокуратура, что, естественно, не прибавляло учителям энтузиазма в его использовании.

Для решения этой проблемы представляется разумным освободить учителя от материальной ответственности за оборудование, приняв две презумп-

ции: а) добросовестности учителя и б) конструктивных недоработок оборудования в случае его поломки. В случае кражи оборудования отвечать, очевидно, должен укравший, а не учитель.

Кадровая база

Химический эксперимент в школах организуют учителя. Соответственно, чтобы вести химический эксперимент, они должны а) уметь и б) желать это делать. К сожалению, культура химического эксперимента к настоящему времени в значительной мере деградировала. Однако осталось некоторое количество учителей «старой гвардии», которые пронесли эту культуру через годы разрухи. Сейчас появляются и молодые учителя, которым тоже интересен химический эксперимент. В Москве между этими поколениями возникла связь на курсах повышения квалификации в МИОО. В провинции со связью поколений несколько сложнее.

К сожалению, оценить долю учителей, которые реально проводят эксперименты, довольно сложно. Так, автор проводил анкетирование учителей в школах нескольких городов. Хотя все учителя утверждали, что они активно проводят практические работы и демонстрационные эксперименты, некоторые внутренние противоречия в ответах заставляют усомниться в правдивости ответов.

Основанная масса учителей, судя по всему, весьма подвержена внешним влияниям, которые могут как стимулировать их работу в направлении развития химического эксперимента, так и загубить её. Так, появление в школах реактивов стимулировало работу учителей в нужном направлении, а Закон о наркотических средствах и психотропных веществах с соответствующим постановлением, наоборот, нанес по ней серьезный удар.

Кадровые проблемы существуют не только на уровне учителей, но и на уровне управляющих органов. Их взаимодействие строится на требованиях и наказаниях в гораздо большей степени, чем на стимулировании и поддержке. Сплошь и рядом нарушается первый принцип осмысленного управления: любое требование должно быть подкреплено соответствующим ресурсом.

Любые проверки учителя химии воспринимают как источник проблем, а не поддержки (что должно быть, если цель проверки – повышение эффективности работы). Такая презумпция недобросовестности учителя, которую молчаливо исповедует значительная часть управленцев от образования, отбивает у многих учителей охоту к какой-либо деятельности, в том числе экспериментальной.

Методическая база

Методическая база школьного химического эксперимента до последнего времени деградировала. Видимо, деградация идёт с конца 60-х годов (после окончания периода «Химизации народного хозяйства», когда уровень преподавания химии резко возрос). Если посмотреть подавляющее большинство современных учебников, мы не увидим в них новых экспериментов по сравнению с учебниками конца 60-х годов. Более того, авторы многих учебников, судя по всему, давно не проводили экспериментов сами, и переписывают описания из старых учебников, теряя существенные детали. Например, получение этилена в некоторых описано так, что получить его по приводимым реакциям невозможно – необходимая для этого температура не достигается.

Кроме того, при создании методического обеспечения химического эксперимента многие авторы исходят не из дидактической значимости эксперимента, а из доступности соответствующего оборудования и реактивов, то есть «ищут, где светлее». В результате возникает замкнутый круг: многие авторы стараются не описывать эксперименты, под которые нет обеспечения, а те, кто разрабатывают списки для материального обеспечения, не включают в него оборудование, эксперименты под которое не описаны.

Но это не самое главное: большинство учебников в неявном виде базируются на парадигме иллюстративной роли эксперимента. Между тем, как показано выше, такой подход не есть самый эффективный.

В последнее время, однако, появляются точки развития методического обеспечения. Это цифровые лаборатории, проектно-исследовательская деятельность и отдельные УМК, ставящие эксперимент во главу угла.

Цифровые лаборатории выводят преподавание некоторых разделов химии на новый уровень. Они позволяют экспериментально вводить ряд понятий (в первую очередь, рН, электролитическая диссоциация и всё, что с ними связано), которые без них были абстракцией. Кроме того, они позволяют вводить в химию количественные зависимости. В настоящее время они используются в основном для проектно-исследовательской деятельности, так как большинство учебно-методических комплектов их игнорирует (за исключением УМК Жилина Д.М. издательства «Бином»). Некоторое время назад производители и поставщики цифровых лабораторий наконец-то озаботились методическим обеспечением к ним. Поэтому методическое обеспечение к цифровым лабораториям – наиболее динамично развивающееся направление методического обеспечения химического эксперимента.

Кроме цифровых лабораторий в настоящее время в школы активно внедряется исследовательская и проектная деятельность. Хотя проработанного методического обеспечения к ней нет (из-за чего отношение основной массы учителей к ней негативно), соответствующий запрос на него есть. С другой стороны, поскольку методическое обеспечение к цифровым лабораториям финансируется коммерческими организациями, а к проектной деятельности – неизвестно кем, данное направление будет развиваться гораздо медленнее.

На наш взгляд, для успешного развития методического обеспечения химического эксперимента нужна жесткая связка эксперимента с программой. Такой подход реализован в нашем УМК (Жилин Д.М.), где эксперимент поставлен как *основа* для обучения химии и описания опытов и работ внедрены в текст учебника.

Материальная база

Состояние материальной базы для химического эксперимента в российской школе противоречиво. С одной стороны, это связано с бурным прогрессом учебного оборудования за последние 10-15 лет, с другой – с непродуманной, непоследовательной и непрозрачной политикой материально-технического снабжения школ. Об отсутствии юридической базы для покуп-

ки школой необходимого ей оборудования и реактивов уже сказано выше. В течение почти двадцати лет (с конца 80-х до середины 2000-х) школы практически не снабжались. Тем школам, у которых были связи с институтами, что-то неофициально перепадало при ликвидации лабораторий, но в подавляющем большинстве школ оборудование пришло в негодность, а реактивы кончились. В 2005-2007 годах, в рамках национального проекта «Образование» многие школы получили большое количество оборудования, но оно было в значительной мере бессистемным. Всего несколько примеров: в поставки включались спиртовки, но спирт в школы не поставляется в принципе. На 10 г нитрата серебра, который используется в школе весьма активно, поставлялось 50 г нитрата алюминия, который не используется вовсе. Иногда в школы поставляли несколько однотипных комплектов, в каждый из которых входили, например, демонстрационные модели кристаллических решеток, которых достаточно одной на класс. И так далее. Кроме того, по окончании национального проекта «Образование» реактивы во многие школы поступать перестали.

Кроме того, из-за полной бессистемности поставок наряду с современным оборудованием в школы поставляются явные анахронизмы. Например, сейчас вполне доступны электронные весы с чувствительностью 10 мг по цене порядка одной тысячи рублей, однако в школы с упорством, достойным лучшего применения, поставляют гораздо более капризные и неудобные в работе коромысловые весы. В результате вместо того, чтобы осваивать на практических работах взаимосвязь масс реагентов и продуктов реакции, школьники мучаются с весами. Один из отечественных производителей до сих пор пытается продвигать в школы деревянные лотки для индивидуальной работы – практически такие же, какие можно было увидеть в лабораториях XIX века. Другие производители укладывают химическую посуду и реактивы в поролон, который поглощает все, что на него попадает, и быстро приходит в полнейшую негодность. И это при том, что уже давно разработаны (и применяются) технологии обработки плотного химически стойкого пластика, у

которого нет таких недостатков. Реактивы очень любят поставлять в пакетах, в которых их невозможно хранить, хотя давным-давно производятся гораздо более удобные пластиковые банки. Для раздачи на столы поставляют аптечные стеклянные пузырьки с пыжами – тяжелые, занимающие много места, бьющиеся, и, самое главное – которые приходится открывать буквально ногтями, соприкасаясь ими с реактивами, хранящиеся в банке. И это при том, что давно разработаны и производятся пластиковые пузырьки с герметично закрывающимися крышками, с которыми этих проблем нет. И данный список можно продолжать долго.

При этом в России практически не осталось отечественных разработчиков учебного оборудования. Автору известны две-три отечественные компании, имеющие полный цикл НИОКР и производства по химии, однако даже они (за исключением компании «Научные развлечения») предпочитают выпускать годами одно и то же оборудование. Однако компания «Научные развлечения» занимается в большей мере кабинетом физики, чем химии. Остальные поставщики учебного оборудования главным образом закупают его в Китае. При этом если компания «Научные развлечения» имеет связи с российскими учителями и работает в соответствии с их запросами, то никакие китайские производители такой обратной связи не имеют, и производят то, что им придет в голову.

Непрозрачный механизм материально-технического обеспечения кабинета химии приводит к тому, что интересные отечественные разработки не находят применения в школах просто потому, что непонятно, куда разработчики должны с ними пойти. Так уже несколько лет отечественная компания «Совплим» разработала систему индивидуальной вытяжки, которая позволяет удалять газообразные продукты непосредственно с рабочих столов. Внедрение такой системы позволило бы проводить опыты, в которых выделяются удушливые или дурно пахнущие газы, что значительно расширило бы возможности индивидуального эксперимента. Однако механизма внедрения этой разработки в школы нет.

Отдельная проблема при материальном снабжении школ – проблема ценообразования. Так, если сравнить цены на реактивы в наборах для школ и на соответствующие реактивы вне набора, разница может оказаться пятикратной. Примерно такая же (а то и большая) разница наблюдается при сравнении цен на оборудование в Китае и на то же оборудование в России.

Непрозрачность ценообразования, непродуманность комплектации, наличие на рынке большого количества морально устаревшего оборудования приводит к неэффективности системы материально-технического снабжения кабинетов химии. При тех же затратах использовать химический эксперимент для обучения можно было бы гораздо более эффективно. На наш взгляд, для этого нужно полностью пересмотреть принцип комплектации кабинетов и принцип оплаты. Деньги на оборудование и расходные материалы для кабинетов химии должны выделяться непосредственно школам. Комплектация кабинета должна быть не абстрактной, а привязанной к программе, по которой работают в данной школе. То есть, по сути, материальное обеспечение кабинета химии должно стать частью УМК. Причем изменения в комплектации должны быстро реагировать на появление нового оборудования и задавать темы для разработок производителям. Такую работу мы ведем с нашим УМК, однако разработка оборудования, которое подходило бы под него (да и не только под него) идёт с большим скрипом по причине консерватизма российских разработчиков.

Выводы

Таким образом, можно констатировать, что состояние химического эксперимента в российских школах противоречиво. В массе своей он деградировал, однако существует ряд точек роста, грамотное и систематическое развитие которых способно вывести эксперимент на должный уровень с тем, чтобы он эффективно способствовал обучению школьников и воспитанию у них качеств, необходимых для инновационной экономики. Но такая работа должна вестись сразу по нескольким направлениям:

- создание прозрачной, стабильной и понятной всем участникам образовательного процесса юридической базы, отражающей: меры по стимулированию эффективного внедрения химического эксперимента (с критериями эффективности); основания и механизмы финансирования; границы приемлемых рисков для здоровья учащихся, меры по удержанию эксперимента в этих границах и ответственность сторон (в том числе и учащихся) за выход за эти границы; материальную ответственность участников процесса. Причем соответствующая юридическая база должна базироваться на презумпции важности эксперимента;
- разработка методической базы в виде учебно-методических комплектов, рассматривающих эксперимент как основу для познания химии;
- разработка гибкой системы комплектования кабинетов с привязкой к конкретным УМК;
- переподготовка и стимулирование учителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахметов М.А., Исаева О.Н., Пильникова Н.Н. (2010). К методике применения средств наглядности при формировании химических понятий. Химия в школе, №4, С. 28-31.
2. Богданова Г.А., директор направления развивающих игр ООО «Научные развлечения». Частное сообщение.
3. Гальбых Й., Чтрнацтова Г., Новотны В. (1987). Актуальные вопросы теории и практики школьного химического эксперимента в обучении химии. В сб. «Проблемы обучения химии в школах социалистических стран», Ч. 2, София, С. 138-147.
4. Дорофеев М.В., Стунеева Ю.Б. Использование сервисов Всемирной паутины в обучении химии. Химия в школе. 2010, № 8. С. 31 – 39.
5. Жилин Д.М (2001). Юный химик. 130 опытов с веществами. М., МГИУ.

6. Жилин Д.М. (2010) Ошибки в проведении экспериментов и интерпретации их результатов. Видеолекция. <http://metodist.lbz.ru/video/jilin/2-1.flv>, <http://metodist.lbz.ru/video/jilin/2-2.flv>, <http://metodist.lbz.ru/video/jilin/2-3.flv>.
7. Жилин Д.М. (2010б). Химия-8. Учебник для средних общеобразовательных школ. М., БИНОМ: Лаборатория знаний.
8. Жилин Д.М. (2010в). Химия: методическое пособие для 8–9 классов. М., БИНОМ: Лаборатория знаний.
9. Кирюшкин Д.М., Полосин В.С. (1970) Методика обучения химии. М., Просвещение.
10. Осорина М.В. (2000) Секретный мир детей в пространстве мира взрослых. СПб: Питер.
11. Полосин В.С. (1992). Некоторые приемы развития познавательного интереса учащихся. Химия в школе, №3-4, С. 18-19.
12. Полосин В.С. (1980). О трех сторонах демонстраций опытов по химии. Химия в школе, №6, С. 48-51.
13. Фадеев Г.Н., Двурличанская Н.Н., Матакова С.А., Волков А.А. (2010) Системно-аксиологический подход как поиск новой парадигмы при обучении химии в системе непрерывного образования «школа – колледж – вуз». В сб.: В.В. Лунин (ред.) Современные тенденции развития естественнонаучного образования: фундаментальное университетское образование. М.: Изд-во МГУ. <http://www.chem.msu.su/rus/books/2010/lunin/fadeev.pdf>
14. Цветков Л.А. (ред) (1981). Общая методика обучения химии. М., Просвещение, 1981.
15. Чайковский Ю.В. (1990) Элементы эволюционной диатропики. М.: Наука, 1990.
16. Baddock M., Bucat R. (2008). Effectiveness of a Classroom Chemistry Demonstration using the Cognitive Conflict Strategy. International Journal of Science Education, 30, 8, 1115-1128.

- 17.** Dahlin B. (2001). The Primacy of Cognition – or of Perception? A Phenomenological Critique of the Theoretical Bases of Science Education. *Science & Education* 10: 453-475.
- 18.** Erlis, B.A.M., Subramaniam R. (2004) Use of Chemistry Demonstrations to Foster Conceptual Understanding and Cooperative Learning among Students. IASCE Conference 2004, Singapore.
<http://www.iasce.net/Conference2004/23June/Erlis/iasce2004%20chem%20demos.pdf>
- 19.** Hamza K., Wickman P.-O. (2008). Describing and Analyzing Learning in Action: An Empirical Study of the Importance of Misconceptions in Learning Science. *Science Education*, 92, 141-164.
- 20.** Kirschner P.A., Sweller J, Klark R.E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experiential, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86.
- 21.** McKee E., Williamson V.M., Ruebush L.E. (2007) Effects of a Demonstration Laboratory on Student Learning. *J. Sci. Educ. Technol.*, 16:395-400.
- 22.** Merrienboer J.J.G., Kirschner P.A., and Kester L. (2003) Taking the Load Off a Learner's Mind: Instructional Design for Complex Learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 5-3.
- 23.** Séré M.G., Fernandez-Gonzalez M., Gallegos J.A, Gonzalez-Garcia F, De Manuel E., Perales F.J, Leach J. (2001) Images of Science Linked to Labwork: A Survey of Secondary School and University Students. *Research in Science Education* 31: 499–523.
- 24.** Stavridou H. and Solomonidou C. (1998), Conceptual reorganization and the construction of the chemical reaction concept during secondary education. *Int. J. Sci. Educ.*, 20, 2, 205-221.