

ХИМИЧЕСКИЙ ЭКСПЕРИМЕНТ В ЗАРУБЕЖНЫХ ШКОЛАХ

Жилин Д.М.

ООО «Научные развлечения», г. Москва

Отношение к школьному химическому эксперименту в России неоднозначно. С одной стороны, на него есть серьёзный запрос со стороны родителей и учеников. Настолько серьёзный, что некоторые родители готовы платить существенные деньги за то, чтобы дать возможность своим детям работать руками [1]. С другой стороны, химический эксперимент в имеющихся школьных учебниках по-прежнему играет в лучшем случае иллюстративную роль [2]. Большинство учителей стараются его либо избегать, либо заменять видеозаписями. Это делается под самыми разными предлогами (соображения безопасности, проблемы с материальным оснащением, нехватка времени на освоение материала и т.п.), но реальные причины, видимо, глубже и фундаментальнее.

В связи с этим стоит вопрос: как обстоят дела с химическим экспериментом в зарубежных школах, так же ли от эксперимента всемерно отказываются, или есть положительный опыт его использования?

К сожалению, анализ научной литературы почти не позволяет ответить на этот вопрос. Как правило, статьи описывают те или иные эксперименты или, в лучшем случае, использование тех или иных экспериментов в контексте урока, но в них мало говорится о том, насколько широко используется эксперимент в действительности. Также нет доверия в этом вопросе официальным документам. Поэтому автору данного обзора пришлось опросить своих зарубежных корреспондентов о состоянии химического эксперимента в школах их стран. Данный текст частично подготовлен на основании ответов и ссылок, которые они дали. Если источником информации было частное сооб-

щение, ссылок на него мы не даём. Кроме того, мы использовали материалы ряда исследований (в частности [3]) и описания систем обучения химии в разных странах [4]. Получившийся обзор не может претендовать ни на полноту, ни на системность, но, тем не менее, высвечивает некоторые общие проблемы и предлагает идеи для их решения.

Общее состояние химического эксперимента в мире

Следует понимать, что во многих странах нет отдельного курса химии (или он весьма невелик по объёму), но зато есть достаточно обширный курс естествознания (Science), в рамках которого и проводятся (или не проводятся) эксперименты. Кроме того, во многих странах не существует единой системы обучения химии. Она может различаться на разных территориях одной страны. Так, принципиально различаются системы обучения в Англии и Шотландии. В Германии система обучения своя для каждой земли. В США вообще нет единой образовательной программы, единые образовательные стандарты ещё только внедряются. В Бразилии каждый штат существенно влияет на свою образовательную программу. Кроме того, в рамках одной страны может быть несколько систем обучения с различным содержанием курса химии и разными подходами к обучению.

Тем не менее, в мире существует консенсус и среди учителей, и среди учащихся, и среди учёных, что эксперимент остро необходим для изучения естественных наук [5, p.10]. Реальная ситуация с экспериментом, в том числе химическим, часто весьма плачевна.

По тому, как и на каком уровне в школы продвигается (или не продвигается) химический эксперимент, страны и системы обучения можно разделить на четыре группы.

1. Эксперимент продвигается на уровне правительства или руководства системой обучения (Англия, Финляндия, Литва, Гонконг).
2. Эксперимент продвигается на уровне отдельных школ или учителей химии (Латвия, Бразилия).
3. Эксперимент не продвигается вовсе (Уганда, Эфиопия).

4. Эксперимент «задвигается» на правительственном уровне (Австралия).

Соответственно, в странах первой группы химический эксперимент занимает значительную часть времени во всех школах. В странах второй группы имеются школы, где химический эксперимент поставлен очень хорошо, но в большинстве школ он не используется вовсе или используется незначительно. В странах третьей и четвёртой групп эксперимент не используется вообще.

Причины, по которым эксперимент продвигается или не продвигается, можно разделить на несколько групп. Но следует понимать, что причины разных групп часто взаимосвязаны.

Первую группу причин можно назвать аксиологической: в какой мере химический эксперимент сам по себе является либо целью, либо средством достижения цели. В Англии среди официально провозглашенных целей образования есть обучение принципам научного исследования и обучение навыкам наблюдения и измерения [6], чего нельзя добиться без эксперимента. В Финляндии национальная образовательная программа подчёркивает активное обучение, обучение на основе изучения явлений и исследовательское обучение. Все эти виды обучения базируются на эксперименте. Вот что говорит финский учитель [7]:

«Наше обучение базируется на исследовании и наблюдении веществ и химических явлений. Через эксперименты и теоретические модели школьники учатся понимать повседневную жизнь и природу. В своём классе я использую дискуссии, лекции, демонстрации и практические работы – часто в группе».

Естественнонаучное образование в Гонконге также базируется на исследовании. В качестве необходимого компонента исследования школьники выполняют работы вроде «Исследование испарения воды». Достаточно долгая традиция эксперимента в школах Сингапура: ещё в 1959 году среди целей естественнонаучного образования отмечалась необходимость «научить школьников наблюдать, экспериментировать и искать новые знания» [8]. В Литве с недавнего времени

учебная программа отводит 40–50% учебного времени на эксперимент и другую исследовательскую деятельность.

В других системах образования (как, например, в Латвии) эксперимент считается не более чем средством обучения и не представляет самостоятельной ценности. Очень сложная аксиологическая ситуация в Гонконге и Южной Корее: хотя там и декларируется исследовательское обучение, де-факто система обучения в них направлена на подготовку к экзаменам, поэтому на эксперимент, особенно в старшей школе, времени почти не остаётся [4]. Аналогичная проблема существует в Англии: авторы исследования [5, р. 7] считают, что после введения письменных экзаменов эксперимент в школе оказался под угрозой, несмотря на хорошее оснащение лабораторий.

Не следует забывать, что в разных странах различается ценность химического образования как такового. Если на уровне общества химическое образование не представляется ценностью, то из этого в принципе следует низкое его качество и малый интерес к химическому эксперименту. Такая ситуация наблюдается в Бразилии, стонущей от нехватки инженерных кадров. В глазах большинства бразильских подростков верный способ заработать деньги – научиться хорошо пинать мячик, а не получить инженерное или естественнонаучное образование.

Вторая группа причин – квалификационная. Если большая часть учителей химии не имеют достаточной квалификации для применения эксперимента, то они и не будут его применять. Эта проблема существует даже в Финляндии, где ещё десять лет назад отмечали консервативность учителей и их преданность лекциям как главному методу обучения [9]. Долгое время недостаточная квалификация учителей препятствовала внедрению эксперимента в школах Сингапура [7], несмотря на официально декларируемую ценность эксперимента. Эта проблема может решаться политикой повышения квалификации учителей на уровне правительства или руководства системы обучения. Например, в Сингапуре в 1973 году специально для этого был создан Институт образования (The Institute of Education). При достаточно

большой критической массе квалифицированных учителей возникают учительские ассоциации, члены которых делятся опытом, повышая квалификацию друг друга. Например, в Сингапуре этим занимается Ассоциация учителей естественных наук (Science Teachers Association of Singapore). В Литве такого рода обмен опытом организуется университетом Шяуляя, методическим центром «Scientia Educologica» и литовской ассоциацией учителей химии.

Даже несмотря на наличие мощных институтов повышения квалификации, учительское сообщество исключительно консервативно относительно использования эксперимента. Так, в Сингапуре, несмотря на наличие руководств и разработок по исследовательскому обучению, учителя фокусируются больше на содержании предмета, чем на исследовательском подходе и используют экспериментальные возможности для лекций, а не для организации деятельности учащихся. Причём эта картина наблюдалась в исследованиях 1987, 1999 и даже 2006 года [10].

Если ценность эксперимента на государственном уровне не признана, то решающим фактором оказывается наличие в стране традиций химического образования и хорошей высшей школы. Если они есть (как в Латвии), то в некоторых школах появляются достаточно квалифицированные учителя, которые и продвигают химический эксперимент. При этом распределение по стране школ, в которых используется эксперимент, может быть весьма неожиданным. В той же Латвии лучшая школа по оснащению лаборатории находится в небольшом посёлке Иецава, а вовсе не в столичной Риге или центре латышской фармацевтической промышленности Олайне. Если же традиций образования и хорошей высшей школы в стране нет (как в Уганде), то и эксперимент продвигать некому.

Третья группа причин – финансовая. Оснащение лабораторий требует денег. К сожалению, их не хватает даже в относительно богатых странах. Далекое не все школы Германии могут позволить себе современное лабораторное оборудование. В Англии именно финансовые причины (плюс неспособность поставщиков своевременно обеспечить

все школы необходимыми реактивами) привели к отказу от химического эксперимента на экзаменах GCSE в масштабах страны. В Нидерландах в большинстве школьных лабораторий есть максимум один вытяжной шкаф [11]. Что уж говорить о бедных странах вроде Уганды, где число учеников в классе достигает 100, а занятия проводятся «в тени деревьев» [4]. В ЮАР отношение учителей к эксперименту зависит от количества учеников в классе. В сельских школах, где классы большие, учителя предпочитают лекции, а в городах, где классы меньше – различные студентоцентричные приёмы, включающие в том числе эксперимент [12].

Во многих странах (как в Латвии, Сербии или Бразилии) расходы на оснащение даже государственных школ полностью или частично лежат на плечах местного самоуправления. В этом случае для внедрения эксперимента в школу нужно сочетание сразу трёх факторов: необходимы квалифицированный учитель, наличие денег у муниципалитета и благосклонное отношение муниципалитета к подобным тратам. Как ни странно, третий фактор часто тоже оказывается существенным препятствием.

Если в стране не хватает финансирования и квалифицированных кадров, но правительство озабочено качеством химического образования, оно может формировать отдельные специальные школы, в которые привлекают кадры и которые оснащает в первую очередь. Так сделали в Сирии и в Казахстане («Назарбаевские школы»).

И наконец, четвёртая группа причин – бюрократическая. Есть системы, в которых учитель может свободно импровизировать на уроках, в других любое изменение плана урока требует многочисленных бюрократических процедур. Особенно много бюрократических процедур вводят требования безопасности. В Австралии именно избыточные требования безопасности (для использования каждого реактива требуется заполнить кучу бумаг) привели к практически полному отказу от эксперимента в школе. В Казахстане ради решения бюрократических проблем Назарбаевские школы вообще были выведены из подчинения Министерству образования.

Зачем используется химический эксперимент

Для тех стран, в которых химический эксперимент используется широко, имеет смысл понять, зачем и как его используют. В этом вопросе, несмотря на расхождение формулировок, существует определённый консенсус. Сформулируем цели использования эксперимента по английскому руководству для практических работ [13, р. 5].

1. Формирование **научных понятий** и развитие научного мышления.
2. Формирование и развитие **исследовательских умений**:
 - постановки вопросов и поиска ответов на них;
 - выделения и контроля переменных величин;
 - анализа, интерпретации и оценки данных.
3. Формирование и развитие **практических навыков**:
 - использования специального оборудования для измерений;
 - уверенного использования оборудования для выполнения различных экспериментов;
 - распознавания возможной опасности при выполнении эксперимента и планирования эксперимента с минимальным риском.

Исследование [5] добавляет к этому списку мотивирование школьников и развитие у них таких метапредметных навыков, как умение работать в команде, коммуникативная компетентность в общении, упорство в достижении цели. Учебная программа Северного Рейна – Вестфалии [14] предусматривает использование эксперимента для понимания химических явлений. Примерно так же используют эксперимент и на другом конце света – в Бразилии. Там видят цель использования эксперимента для формирования у школьников связи между теоретическими идеями и практическими навыками работы, что тем самым позволяет избегать зубрёжки без понимания [15].

В работе [16] приводится удачная, на наш взгляд, классификация эксперимента по глубине его сопровождения учителем или инструктивными материалами (табл. 1).

Таблица 1

Классификация эксперимента по глубине его сопровождения [14]

Уровень Компонент	Подтверждающий	Структурированное исследование	Сопровождаемое исследование	Открытое исследование	Истинное исследование
Вопрос или задача	Ставится	Ставится	Ставится	Ставится	Не ставится
Теория	Даётся	Даётся	Даётся	Даётся	Не даётся
Процедура и дизайн	Прописаны	Прописаны	Прописаны	Не прописаны	Не прописаны
Анализ результатов	Приводится	Приводится	Не приводится	Не приводится	Не приводится
Выводы	Даются	Не даются	Не даются	Не даются	Не даются

Как показывает наш беглый анализ доступных учебников и практических руководств из разных стран, большинство реальных экспериментов в школах либо подтверждает исследования, либо является структурированным исследованием. При этом часто отмечается [17] (и мы с этим согласны), что такие руководства представляют собой скорее «поваренную книгу» («сделай то-то»), чем полноценный организатор исследовательской деятельности, способствующий размышлению над результатами экспериментов. Бывает (как, например, в бразильском учебнике по химии для колледжей [18]) что в учебниках только приводятся некоторые иллюстрации результатов экспериментов, но сами эксперименты не прописаны. В других руководствах, (например, чешском [19]) приводится подробное описание порядка выполнения экспериментов (часто весьма интересных), приведены фотографии результатов и их объяснение, но никаких вопросов не ставится. Аналогичная ситуация в богато иллюстрированном хорватском руководстве [20]. Оно содержит красочные описания техники проведения более чем 400 опытов, но из него даже непонятно, демонстрационные ли это опыты или фронтальные. В португальском руководстве для учителей по использованию эксперимента на уроках физики и химии [21] вкратце описывается, какие бывают типы экспериментов; очень подробно описывается лабораторное оборудование и приёмы работы с ним. Но нет никакой информации ни об учебной це-

ли экспериментов, ни о том, как и, главное, зачем вплетать эксперимент в канву урока. Много руководств по практическим экспериментам, в том числе для младшей школы, в Германии. В них тоже ставится задача, описываются экспериментальные процедуры, но выводы формулируются далеко не всегда. С другой стороны, не факт, что школьнику очевидно, как их сделать. Вот пример, взятый из [22].

Опыт «Фломастер»

Что нужно сделать в опыте.

Содержит ли фломастер только один цвет? При помощи воды и мягкой бумаги Никель ты можешь узнать, смешаны ли цвета во фломастерах, или каждый фломастер содержит какой-то один цвет. Испытай свой собственный фломастер.

Тебе понадобятся:

- *разные фломастеры на водной основе, чернила, шариковая ручка, вода;*
- *фильтровальная бумага, промокательная бумага, туалетная бумага, писчая бумага, фильтр для кофе;*
- *пипетка, тарелка, маленький стакан, ножницы, скрепки, шпажки для шашлыков, клей.*

Опыт А

1. *Найди фломастер.*
2. *Возьми кусок бумаги.*
3. *Посередине бумаги нарисуй жирную точку.*
4. *Положи бумагу на тарелку или другую подложку.*
5. *Налей немного воды в стакан.*
6. *Капни одну каплю воды пипеткой точно на цветную точку.*
7. *Жди, пока капля воды не расплзётся по бумаге.*
8. *Добавь ещё одну каплю воды прямо на цветную точку.*

Итог: *теперь ты можешь наклеить свою прекрасную картинку, полученную при исследовании фломастера.*

В других руководствах [23] школьникам даётся теория, описание процедур и предлагается записать наблюдения (что представляет-

ся вполне оправданным в начальной школе, когда школьников нужно учить наблюдать, а до исследований они ещё не доросли [1]). Обычно в руководствах для младших школьников предлагаются эксперименты с бытовыми объектами: фломастерами, жиром из супа, канцелярскими кнопками и т.п.

Немного более продвинуты некоторые (не все) учебники химии в Сербии [24]. Там описания экспериментов вставлены в текст параграфа, но роль этих экспериментов сугубо иллюстративная. К учебникам прилагается сборник экспериментов и задач [25], но эксперименты там играют почти такую же иллюстративную роль. С другой стороны, в сборнике [26] описаны сценарии уроков, составленные разными учителями, в том числе – с включением эксперимента и указанием учебных целей урока целиком.

Весьма интересны японские учебники естественных наук [27]. В связи с тем, что письмо в Японии иероглифическое и школьники, даже в старших классах знают гораздо меньше иероглифов, чем слов, тексты этих учебников весьма короткие. Зато в них есть богатые иллюстрации, которые всем позволяют понять, о чём идёт речь, даже тем, кто не знает языка. В этих учебниках теоретические идеи вводятся на основе описаний экспериментов. Для части (но не для всех) экспериментов приводятся инструкции для их выполнения школьниками. Так, тема «агрегатные состояния веществ» в учебнике для 7-го класса японской школы (13 лет) изложена в следующем порядке. Сначала приводятся иллюстрации с примерами веществ в разных агрегатных состояниях. Потом проиллюстрирован эксперимент, показывающий увеличение объёма воды при замерзании и сохранение массы в этом процессе. Затем предлагается провести этот процесс самостоятельно. Далее проиллюстрирован эксперимент, показывающий увеличение объёма жидкости при её превращении в пар. Дается иллюстрированная схема фазовых переходов; приводится и объясняется зависимость температуры от времени при нагревании льда. Даются инструкции по проведению этого эксперимента. Объясняется понятие температуры плавления и кипения. Даются инструкции к опыту по перегонке воды

и объясняется происходящее. И, наконец, рассказывается про использование процесса перегонки на примере ректификации нефти. Таким образом, объяснение материала в этом учебнике базируется на эксперименте, чаще всего – на его описании. Но в старших классах эксперимент используется менее интенсивно.

Рекомендации по организации «хорошего» эксперимента

Что же делается за рубежом для того, чтобы эксперимент был не просто последовательностью неких механических действий, но полноценным средством обучения, способствующим интеллектуальному развитию школьника?

На сей счёт существует довольно много разумных теоретических руководств. В частности, есть достаточно очевидные утверждения [8], что эксперимент должен быть спланирован, учитель и ученики готовы к нему и что всегда нужно формулировать учебную цель эксперимента (то есть чему мы хотим научить школьника). Очень важно, чтобы ученик чувствовал некую сопричастность к эксперименту, был бы в той или иной мере вовлечён в его планирование. Это можно сделать, например, обсудив эксперимент перед его началом: школьник должен уметь ответить на вопрос, какова цель эксперимента. Необходимость обсуждать результаты эксперимента после его проведения отмечается в руководстве [13].

Руководство [5] предлагает следующие стандарты хорошего экспериментального обучения (табл. 2). Вариант, безусловно, идеальный, но к нему разумно стремиться (и в руководстве показано, как).

Таблица 2

Стандарты хорошего экспериментального изучения естественных наук

Параметр	Описание
1. Спланированность	У каждой школы должна быть письменная стратегия, описывающая, зачем используется эксперимент, ожидаемые результаты использования, пути достижения этих результатов. Процесс создания стратегии столь же важен, как и сама стратегия
2. Целенаправленность	Учителя должны понимать цель любой практической деятельности, она должна быть спланирована и выполнена так, чтобы эффективно интегрировалась с другими методами обучения

Параметр	Описание
3. Квалификация учителей	Учителя должны быть специалистами как в своём предмете, так и в возрастной психологии детей. Необходимо как базовое образование, так и продолжение образования в процессе работы. Это нужно для того, чтобы учителя проводили занятия с уверенностью и знанием научных принципов, которые лежат в основе соответствующих тем
4. Частота и разнообразие	Школьники должны проводить практические работы минимум половину урочного времени. Практические работы могут быть длительными или короткими, но должны быть разных типов
5. Лабораторные средства и оборудование	У школ должно быть достаточно лабораторий, чтобы каждый учитель мог проводить лабораторные работы безопасно и регулярно. Каждая лаборатория должна иметь оборудование, позволяющее школьникам работать в малых группах
6. Техническая поддержка	Кафедры естественных наук должны предоставлять учителю достаточную техническую поддержку, а также иметь лаборантов, чтобы учитель мог проводить практические работы регулярно и эффективно
7. Реальный эксперимент, виртуальные дополнения	Учителя должны использовать цифровые технологии, чтобы поддерживать практический эксперимент и расширять его возможности, но не заменять его
8. Исследовательские проекты	У школьников должна быть возможность проводить расширенные исследования с неизвестным результатом
9. Сбалансированный подход к риску	Школьников нельзя лишать практического опыта под предлогом ограничения риска, если в этом нет реальной необходимости
10. Оценивание соотносящееся с целью	Оценивание работы школьников при изучении естественных наук должно включать оценку их практических знаний, навыков и действий. Это касается как формирующего, так и итогового оценивания (подробнее об этих видах оценивания см. [28] – ДМ)

Особая проблема – планирование исследовательских экспериментов, особенно открытых. Их бездумное проведение приводит к перегрузке рабочей памяти и, как следствие, провальным результатам обучения [29]. Такие эксперименты требуют умения формулировать вопросы, для чего школьники уже должны обладать хорошим теоретическим багажом. Также школьники должны понимать, на какой вопрос можно ответить исследованием, а на какой – нет. Кроме того, школьники должны обладать достаточным практическим опытом, чтобы выбрать необходимое оборудование. Для подбора нужной про-

цедуры, возможно, придётся проделать несколько экспериментов. Нужно чётко отличать наблюдения от выводов (грубо говоря, наблюдения – это «бурый газ», а выводы – это « NO_2 » – ДМ). Также нужно отделять информацию, имеющую отношение к поставленному вопросу, от не имеющей. Например, при исследовании горения свечи цвет свечи отношения к процессу горения не имеет. В количественных исследованиях нужно уметь строить графики и соотносить переменные друг с другом. Результаты нужно соотнести с теорией и собственно исследовательским вопросом [8]. Всё вышеперечисленное говорит о том, что вести открытое, а тем более истинное исследование может только хорошо подготовленный школьник. Этот вывод должны учитывать как учителя, так и управленцы в образовании, планируя и продвигая проектно-исследовательскую деятельность школьников.

Из всех известных нам практических руководств эти идеи более или менее реализованы в английском руководстве [12]. В нём прописывается подробная процедура выполнения экспериментов, но учителю предлагаются варианты того, что из этого предлагать школьникам. Например, при титровании кислоты основанием учитель может дать ученикам подробную инструкцию; может дать общий план, но при этом позволить самим выбрать отдельные моменты (например посуду или индикаторы); может только назвать реагенты и их концентрации; может предложить школьникам самим приготовить раствор для титрования. Увы, такая организация накладывает на учителя дополнительную нагрузку, ибо учителю, по сути, приходится адаптировать инструктивные материалы к каждой ситуации.

Практическая часть на экзаменах по химии

Касательно эксперимента на экзаменах по химии, у нас есть только информация об опыте Англии. В ней предпринималось несколько разных попыток внедрения эксперимента на экзамен. Одно время на экзаменах проверяли конкретные навыки, причём экзаменаторы вынуждены были записывать все детали эксперимента. Но оказалось, что такой экзамен практически не обладает дифференцирующей функцией. Затем учащиеся должны были разработать исследова-

ние, предложить его план и реализовать, на что давалось два часа. Оказалось, что учителя либо подсказывают учащимся план эксперимента, либо позволяют учащимся повторять эксперимент до тех пор, пока у них не получится. Опять-таки, дифференцирующие функции такого экзамена оказались слабыми. В настоящее время от эксперимента на экзамене отказались и на экзамене задают вопросы типа «как провести тот или иной эксперимент».

Аналогично поступают в Гонконге. Вот пример экзаменационного задания [4].

Никель в водном растворе образует пурпурный комплексный катион с этилендиамином $H_2N-CH_2-CH_2-NH_2$ с формулой $[Ni(en)_2]^{2+}$, где «en» обозначает $H_2N-CH_2-CH_2-NH_2$.

У вас есть следующие материалы:

- 0,10M H_2SO_4
- 0,10M $H_2N-CH_2-CH_2-NH_2$
- Калиброванный колориметр и посуда, доступная в школьной лаборатории.

Опишите методику проведения эксперимента и обработки результатов, чтобы подтвердить формулу комплексного катиона.

Опыт практических экзаменов есть и в Сингапуре, причём с 1980-х гг. Вначале их критиковали за закрытость ответов и направленность на подтверждение уже известных физических законов. Они никак не оценивали критическое мышление и сводились к заполнению таблиц. В 2004 году на первых курсах колледжей, а в 2006 году в старшей школе были введены практические экзамены по системе SPA (School-based Science Practical Assessment). Задачей было оценить практические навыки, включая планирование эксперимента, выбор необходимого оборудования в соответствии с дизайном эксперимента, предложение методов [8]. Однако экзамен проводился на базе школ, и учителя должны были сами разрабатывать экспериментальные задания. Совместить роли учителя и экзаменатора учителя не смогли, ибо до того в системе образования Сингапура эти две роли были разделены. В результате эта система до сих пор дорабатывается.

Выводы

Ситуация со школьным химическим экспериментом в мире сложна и противоречива. Среди учителей, учащихся и учёных существует консенсус, что эксперимент остро необходим для изучения естественных наук, однако реальное состояние эксперимента сильно различается. В некоторых странах химический эксперимент продвигается на государственном уровне, но из-за консервативности учительского сообщества это продвижение идёт медленно. В большинстве стран химический эксперимент продвигается усилиями отдельных учителей или не продвигается вовсе. «Зацикленность» учителей и школьников на экзаменах дополнительно вымывают химический эксперимент из учебного процесса.

Там, где химический эксперимент продвигается, он декларируется как средство исследовательского обучения. К нему разработаны вполне разумные требования, однако эти требования в полной мере не удовлетворяются. В частности, практически нет руководств для школьников и руководств для учителей, в которых исследовательский эксперимент был бы вплетён в канву урока. Если химический эксперимент присутствует в учебниках, то он носит иллюстративную функцию. Многочисленные рабочие тетради и специальные сборники описаний экспериментов представляют собой «поваренные книги», в которых описана техника выполнения эксперимента, но практически не уделяется внимания дидактике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жилин Д. М. Вовлечение школьников 8-10 лет в химию: опыт Политехнического музея. // Естественнонаучное образование: новые горизонты. М.: МГУ, 2017. – С. 123–145.
2. Жилин Д. М. Химический эксперимент в российских школах. // Российский химический журнал. 2011. № 4. – С. 48–56.
3. Good Practical Science. The Gatsby Charitable Foundation. URL: <https://www.gatsby.org.uk/uploads/education/reports/pdf/good-practical-science-report.pdf>
4. Risch B. (Ed.) Teaching Chemistry around the World. Waxmann, 2010.
5. Good Practical Science. Gatsby foundation. URL: <https://www.gatsby.org.uk/uploads/education/reports/pdf/good-practical-science-report.pdf>

6. *Holman J.* Good Practical Science. Summary. The Gatsby Charitable Foundation. URL: <https://www.gatsby.org.uk/uploads/education/reports/pdf/good-practical-science-8-page-summary.pdf>

7. Let's Copy How Finland, South Korea, and Canada Teach Science. URL: http://www.slate.com/articles/technology/future_tense/2012/06/teachers_from_finland_south_korea_and_canada_on_science_education_.html

8. *Yeow B. C. C.* Development of primary science education in Singapore. // *Hong Kong Science Teachers Journal*, 1982, 10, 160–165.

9. *Juuti K., Lavonen J., Uitto A., Byman R., Meisalo V.* (2010). Science Teaching Methods Preferred by Grade 9 Students in Finland. // *International Journal of Science and Mathematics Education*, 2010, 8, p. 611–632.

10. *Tan A.-L., Poon Ch.-L., Lim S.S.L.* (Eds.) *Inquiry into the Singapore Science Classroom. Research and Practices.* Springer Science+Business Media Singapore 2014

11. *Apotheker J.* Use of the laboratory / *Apotheker J.* *Teaching Chemistry.* De Gruyter, 2019, p. 77–94.

12. *Ramnarain U. D.* Teachers' perceptions of inquiry-based learning in urban, sub-urban, township and rural high schools: The context-specificity of science curriculum implementation in South Africa. // *Teaching and Teacher Education*, 2014, 38, 65–75.

13. AS and A-level Chemistry. Required practical handbook. Version 2.0. AQA, 2018. URL: <https://filestore.aqa.org.uk/resources/chemistry/AQA-7404-7405-PHBK.PDF>

14. Kernlehrplan für das Gymnasium – Sekundarstufe I in Nordrhein-Westfalen. Chemie. Ritterbach Verlag, 2008. URL: https://www.schulentwicklung.nrw.de/lehrplaene/lehrplan/150/gym8_chemie.pdf

15. *Orlik Y.* Problemas e perspectivas de educação em ciências naturais em escola básica no Brasil e países Latino-Americanos. *Fundación Revista de Educacion de las Ciencias*, Bogotá, 2013.

16. *Whitson L., Bretz S.L., Towns M.* Characterizing the Level of Inquiry in the Undergraduate Laboratory // *Journal of college science teaching*, 2008, 37(7), p.52–58.

17. *Abrahams M., Millar R.* Does Practical Work Really Work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. // *International Journal of Science Education*, 2008, 30(14), p. 1945–1969.

18. *Química. Vol. 1. Coleção Estudo.* Editora Bernoulli.

19. *Šulcová R., Böhmová H.* Netradiční Experimenty z Organické a Praktické Chemie. Přírodní materiály, neobvyklé uspořádání a pomucku. Univerzita Karlova v Praze, Praha, 2007. URL: http://rena.sulcova.sweb.cz/netradicni_experimenty/ *Netradicni_experimenty.pdf*

20. *Sikirica M.* Zbirka kemijskih pokusa za osnovnu i srednju školu. Zagreb, Školska knjiga, 2011.

21. *Carvalho P.S., Sampaio e Sousa A., Paiva J, Ferreira A.J.* *Ensino Experimental das Ciências. Um Guia para Professores do Ensino Secundário. Física e Química.* U.Porto Editorial, 2012.

22. *Siol A.* Chemie in der grundschule. Farben. Zentrum für Umweltforschung und nachhaltige Technologien (UFT), Bremen. URL: https://www.uni-bremen.de/fileadmin/user_upload/sites/freix/MINT_Farben.pdf
23. *Grotmeyer B., Herges C., NaWiKiel GbR.* Unterrichtsmaterial. Experimente für pfiffige Forscher. Fonds der Chemischen Industrie im Verband der Chemischen Industrie, Frankfurt am Main, 2016. URL: <https://www.vci.de/fonds/downloads-fonds/unterrichtsmaterialien/2016-10-04-unterrichtsmaterial-grundschule-experimente-fuer-pfiffige-forscher.pdf>
24. *Раденковић Д., Раденковић М.* Хемија. Уџбеник за 8. разред основне школе. Klett, 2013.
25. *Раденковић Д., Раденковић М.* Хемија. Збирка задатка с лабораторијским вежбама за 8. разред основне школе. Klett, 2013.
26. *Antić S, Jankov R.M., Pešikan A.* (Ur.). Kako približiti deci prirodne nauke kroz aktivno učenje. Zbirka scenarija. Institut za psihologiju, Beograd, 2005.
27. 中学校理科 1分野上戸田 盛和／ほか著 大日本図書 2007. ISBN 4-477-01673-5
28. *Жилин Д.М.* Оценивание как средство формирования обратной связи в процессе обучения // Естественнаучное образование: проблемы оценки качества. – М.: МГУ, 2018. – С. 81–98.
29. *Kirschner P.A., Sweller J., Klark R.E.* 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, 2006, 41, p. 75–86.