

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ МЕТОДИКИ ХИМИИ¹

Назарова Т.С.

ФГНУ Институт содержания и методов обучения РАО, Москва, Россия

Эволюция идей отечественной школы методики химии в контексте научных и образовательных реформ

Начиная с 1917 г. на всем протяжении XX века общее среднее образование подвергалось поэтапному реформированию. Необходимость реформ была обусловлена изменяющимися социально-общественными и идеологическими факторами, к которым на первом этапе относили потребность обеспечения учащихся определенным объемом знаний, умений и навыков, заложенных в предметных систематических курсах и составляющих основы наук. Мерилом качества получаемых знаний являлось поступление закончивших школу в вуз. Однако уже в 50-е годы прошлого столетия стало ясно, что школа должна готовить школьников не только к поступлению в вуз, но и в целом к жизни и производительному труду.

В 1953 году в журнале «Советская педагогика» была опубликована статья С.Г. Шаповаленко «О преодолении отставания методики как науки», обозначившая особую роль педагогической науки и предметных методик для «дальнейшего повышения социалистического

¹ «Методика химии» – это принятый в педагогической литературе термин, призванный сократить выражение «методика преподавания химии в средней школе».

воспитательного значения общеобразовательной школы и обеспечения учащимся, заканчивающим среднюю школу, условий для **свободного выбора профессии**», а также проведения мероприятий, необходимых для перехода к всеобщему политехническому обучению. Более того, в статье были обозначены причины отставания методик, проблемы и пути их реализации [1, с. 21].

В этом плане нами была предпринята попытка рассмотрения эволюции идей отечественной школы методики химии для выявления неотложных проблем и способов их решения в современном химическом образовании.

Усиление политехнической направленности естественнонаучных предметов с целью профессиональной ориентации и готовности к выбору профессии, включению выпускников школ в трудовую производственную деятельность определило основной вектор реформы 1956-1958 гг. С этой целью была осуществлена первоначальная разработка вопроса о **содержании политехнического обучения** и усовершенствованы проекты программ. В программах по таким предметам, как физика, химия, математика, биология обращалось внимание на ознакомление учащихся с применением научных знаний в области промышленности и сельского хозяйства, на формирование общего представления о производстве на материале главных отраслей его, на вооружение учащихся практическими навыками, обеспечение связи обучения с общественно-полезной работой, подчиненной учебно-воспитательным целям. В программе было предусмотрено увеличение числа часов на практические занятия и отведено время для проведения экскурсий. **Уделено особое внимание разработке учебного оборудования** по созданию моделей химических аппаратов и цехов (Д.А. Эпштейн и С.А. Шурхин); по типовому оборудованию и планировке учебного кабинета (К.Я. Парменов и А.Г. Дубов) и пр. В методических журналах опубликовано значительное число статей, посвященных методике и технике эксперимента. С этой целью в журнал «Химия в школе» была введена специальная рубрика «Химический эксперимент и оборудование»

кабинета», которая представляла собой уникальную копилку необходимых в практике обучения приборов, принадлежностей, инструктивно-методических материалов по оснащению экспериментальной составляющей действующих программ. К сожалению, в 2000-е годы из названия рубрики исчезло «оборудование кабинета», а на страницах журнала сократилось число статей, отражающих современную методику и технику демонстрационного и ученического эксперимента.

Несмотря на известные успехи в разработке методических вопросов преподавания основ наук, в статье [1] были вскрыты причины, препятствующие развитию предметных методик, отмечалось отсутствие **глубокой теоретической и экспериментальной разработки проблематики методик, оставление вне сферы научных исследований «жизненно важных вопросов» преподавания.** Приоритетной проблемой была признана разработка вопросов **теории содержания образования.**

Повышение научного уровня содержания образования и приведение его в соответствие с уровнем современной науки составило основную задачу реформы 1964-1968 гг. Вектор всех преобразований был направлен на освоение научно-технических достижений, что определило в целом техноцентрический характер образования. Длительный исторический период система образования следовала требованиям научно-технического прогресса и бурно развивающейся цивилизации, стремясь учитывать все новшества и прорывы на этом направлении. Именно поэтому главные изменения касались содержания образования, которое должно было отвечать темпам научно-технического прогресса и соответствующему уровню науки. Системность, глубина, умение творчески применять знания в школе и вне ее, готовность к трудовой деятельности являлись главным мерилom качества обучения.

Подчеркнем, что в советский период успешному решению поставленных задач всемерно способствовали идеи и работы отечественной школы методики химии с принятым ею менделеевско-

бутлеровским направлением развития школьного химического образования. Это на многие годы определило систему принципов отбора содержания курсов химии, особенности структуры, способы, методы изложения и передачи учебного материала и явилось истоком фундаментальности химического образования в школе.

Остановимся кратко на идеях, которые и сегодня, на наш взгляд, не потеряли своего фундаментального значения. Предварительно упомянем, что приоритетная цель обучения химии состояла в том, чтобы «познакомить учащихся с основными данными и выводами химии в общедоступном изложении, указать на значение этих выводов для понимания как природы вещества и явлений, вокруг нас совершающихся, так и тех применений, какие получила химия в сельском хозяйстве, технике и других прикладных знаниях» [2, с.1].

Важным фактором построения курсов химии являлся системный дидактический охват проблем обучения, дающий ответ на вопросы: чему, как и каким образом учить, какие мировоззренческие и воспитательные, личностные качества должны быть достигнуты учащимися и педагогами?

С самого начала становления химии как учебного предмета, содержание химического образования «вращивалось» на основе идейного наследия Д.И. Менделеева и А.М. Бутлерова, заложивших основы химии, т. е. систему химических понятий и ее методики. Отбор и структурирование содержания химического образования, способов овладения химическими понятиями осуществлялись на основе следующих принципов:

- взаимосвязь факта, закона, теории (*принцип селекции и структурирования*);
- следование от свойств к строению вещества (*принцип логичности и последовательности*);
- наблюдение, постановка гипотез, введение эксперимента как метода научного познания (*принцип приоритетности теоретического знания*);

- разрешение научных проблем с помощью исторического подхода (*принцип историзма*);
- всестороннее изучение веществ и явлений в движении, развитии, во взаимосвязи, формирующей химическое мировоззрение (*принцип комплексности, системности*);
- овладение научными основами современного производства и готовность к труду (*принцип политехнизма и трудовой подготовки*);
- формирование навыка правильного обращения с природой (*принцип экологичности, экологического императива*);
- обладание научным кругозором и философским мировоззрением (*принцип междисциплинарности*);
- ориентирование учителей в смежных областях науки, ознакомление с методами научного познания (*принцип коммуникативности*).

Особое внимание уделялось основательному педагогическому образованию учителя, который должен был владеть не только глубоким знанием своего предмета, но иметь широкий научный кругозор и философскую подготовку. «Высшее зло, особенно для средних школ, которого надо бояться в учителях, состоит в узости их педагогических убеждений» [3, с. 22]. По мнению Д.И. Менделеева, «педагог, не обладающий общим философским мировоззрением», «философскими основами науки», не сможет раскрыть перед учащимися картину мироздания и показать роль химии в ее понимании, дать учащимся «химическое мировоззрение».

Важную задачу методики химии составляли два значимых аспекта изучения предмета: отбор содержания научных знаний и ознакомление учащихся с методами и способами их добывания и использования. Особое значение придавалось взаимосвязи фактов и теории в процессе научного познания. «Только при посредстве теории знание, слагаясь в связное целое, становится научным знанием; стройное соединение фактического знания с теориями составляет науку [4, с.21-22]. А.М. Бутлеров утверждает, что теория играет определенную дидактическую роль, облегчая усвоение фактов и

создает «прочную основу действительному знанию, при котором факты, являясь связанными общими идеями, легко укладываются в памяти, каждый на свое место, и становятся настоящими звеньями научной системы» [5, с.5].

Эти тенденции сохранялись на всем протяжении развития методики химии. Вопросы отбора теоретического материала, поиска его места в общей системе курсов химии, соотношения фактов и теории, последовательности изучения химических понятий, раскрытие сущности явлений на основе эксперимента, необходимость привития школьникам исследовательских умений и умения обобщать и видеть закономерности изучаемых явлений оставались на много лет своеобразными двигателями развития теории методики химии. Не оставалась без внимания и проблема исторического подхода и формирования мировоззрения, которое непременно должно было быть научным.

Приоритет в отборе способов освоения учебного материала принадлежал наблюдению, гипотезе, эксперименту, чтобы через эти методы учащиеся могли «усвоить, прежде всего, химическую практику, т. е. мастерство предмета, искусство спрашивать природу и слышать ее ответы в лабораториях и книгах » [2, с.1].

Формируемая система химических понятий имела не только научное и мировоззренческое значение, она закладывала также основы трудового воспитания с приоритетом научно-технических достижений, показом того, что необходимо «для современного периода роста страны, народа и государства» [3, с.15].

Все последующие годы развития методики химии идеи отечественной школы преобразовывались в связи с уточнением вопроса о том, что является предметом методики химии, как осуществляется отбор содержания химического образования и формирование его структуры. Особого внимания требовала еще одна важнейшая составляющая методики обучения – **организация деятельности педагога и учащихся**. Уже в 50-е годы прошлого столетия отмечалось, «...что из методических работ выпадает

исследование **учения**, т. е. **учебной деятельности ученика**, соотнесение содержания и преподавания учебных предметов с характером и результатами усвоения учебного материала учащимися. <...> Отказ от изучения учебной деятельности ученика (учения) означает по существу дела отказ от того, чтобы открыть объективные законы обучения, отказ от методики как науки» [1, с. 28].

Была признана необходимость привлечения психологов и физиологов к исследованию оснований деятельностного подхода: в плане изучения характера протекания психических процессов, раскрытия физиологических механизмов образования систем временных связей и динамических стереотипов, их угасания и перестройки, выявления содержания и закономерностей их возникновения и развития в процессе деятельности и влияния на результаты усвоения.

С 70-х годов прошлого столетия проникновение в сферу образования новых технических средств, особенно кино и телевидения, а в 80-90 годах – видео и компьютерной техники, новых информационных и коммуникационных технологий обусловило значительные изменения дидактического ландшафта всех образовательных областей, в том числе и химии. Однако главные преобразования касались не столько самого содержания образования, сколько способов, форм его трансляции, освоения технических, технологических возможностей нового учебного оборудования и использования его в учебно-воспитательном процессе, а также создания адекватных этим целям материально-технических условий. В соответствии с этими задачами, особое внимание было уделено его инструментально-техническому обеспечению и методическому сопровождению различных видов химического эксперимента, составляющих основу изучения химии, перевода некоторых демонстрационных опытов в ранг лабораторных на основе нового безопасного лабораторно-практического инструментария, а также стремления поднять эксперимент с качественного на количественный уровень.

Важное значение для методики преподавания химии имеют работы известного методиста-химика Л.А. Цветкова, раскрывшего в 80-е годы прошлого столетия основополагающие противоречия учебного процесса. К наиболее явным противоречиям им были отнесены:

– недостаточность современного научного знания для подготовки учащихся к трудовой деятельности, т. е. «недостаточное дидактическое обоснование уровней общеобразовательности и профессиональности средней школы»;

– замена «общеобразовательности профильностью», требующей включения в курсы химии все более сложных теоретических знаний без увеличения рамок учебного времени;

– неопределенность в структуре учебного предмета соотношения между фактологическими и теоретическими знаниями;

– «необходимость изучения науки не только как результата познания, но и как развивающейся системы, совершенствующей область человеческой деятельности <...>, раскрывающей сущность и закономерности явлений природы».

В конце XX столетия все явственнее становится потребность введения в курс химии экологической компоненты, которая, однако, более касается вопросов загрязнения окружающей среды, нежели сути экологического императива в связи с нарастающим экологическим кризисом.

Не имея возможности в рамках данной статьи охватить все множество вариантов и сценариев развития отечественной методики химии, остановимся лишь на тех идеях (началах), которые, на наш взгляд, связаны с парадигмальными изменениями в области общего среднего и химического образования.

**Федеральный образовательный стандарт нового поколения
в контексте преобразования ведущих идей
отечественной школы методики химии**

Для понимания динамики изменений укажем сначала на современное состояние проблемы, представленной в концепции Федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС)

нового поколения. Его отличают три составляющие – требования к результатам освоения общеобразовательных программ, структуре программ и условиям осуществления образовательного процесса. Эти составляющие представляют систему и разрабатываются в единстве и тесной связи. Представленные компоненты ФГОС по существу обуславливают три важнейших направления его разработки и реализации в современном образовательном пространстве «здесь и сейчас».

Первое направление связано с разработкой нового содержания образования согласно целевым приоритетам, ориентированным на основную и старшую школу. **Что составляет фундаментальное (информационно-содержательное) ядро** химического образования, **чему учить**, каковы рамки базисного учебного плана, его инвариантной и вариативной части? Какова содержательная основа и направления внеурочной деятельности, введенной в рамки принимаемого норматива?

Второе направление составляет процессуально-инструментальную основу образования, отвечает за адекватность организационно-методической, инструментальной компонент обучения, развития и воспитания школьников. Этот вектор является опосредованным компонентом содержания общего среднего образования и отвечает на вопрос «КАК?». Ответ на этот вопрос предусматривает знание особенностей познавательной деятельности учащихся и методической специфики ее организации учителем, возможностей встраивания дидактических средств в контекст образовательного процесса в рамках среды взаимодействующего обучения.

Третье направление взаимосвязано с первыми двумя и ориентировано на проектирование когнитивных (познавательных) технологий, которые представляют собой системный способ организации деятельности, включающей ее технико-технологическую структуру и ценностные основы.

Важной опорой для понимания и эффективности реализации указанных направлений является выявление соотношения ведущих идей отечественной школы методики химии с факторами (векторами) парадигмальных изменений в науке и образовании, оказывающих влияние на все компоненты процесса обучения: цели, содержание курсов химии, методы, дидактический инструментарий, среду. Взаимосвязь этих компонентов составляет основу организационно-деятельностной структуры процесса обучения, обеспечивая его технологичность, безопасность и эргономичность как показатель приспособленности всех его составляющих к особенностям избираемых видов деятельности.

Рассмотрим кратко некоторые обобщающиеся акценты, выступающие как факторы влияния на формирование содержания образования в целом и базового предметного знания в современной методике химии.

Факторы влияния на формирование базового предметного знания

Изменения в системе «человек – мир», связанные с ранее установившимся в обществе взглядом на мир и место человека в нем, междисциплинарные аспекты фундаментальной науки, уделяющей все большее внимание сверхсложным системам, пересмотр норм и ценностей технологий научного познания и взаимодействия науки и общества в рамках постнеклассической парадигмы являются факторами влияния на содержание общего среднего образования, в том числе естественнонаучного образования и химии. Очевидно, что модернизация содержания предполагает внесение этих изменений в предметные программы и курсы, повышая их фундаментальность. Эти изменения обусловлены государственными целевыми приоритетами. Экономическое процветание страны, наращивание научно-технического потенциала, создание наукоемких технологий, с одной стороны, и обеспечение безопасной жизнедеятельности, повышение качества жизни, с другой, составляют государственный заказ. Достижение поставленных целей предполагает проектирование условий для эффективного становления и развития личности,

восхождения по ступеням грамотности, образованности, культуры – **основы формирования целостного мировоззрения и нового менталитета подрастающего поколения, обеспечивая ему необходимую адаптацию и выживание в быстро изменяющемся мире.**

Актуализация знаний о мире сегодня обусловлена разными причинами, но, главным образом, углубляющимся кризисом отношений человека с природой и между людьми, глобализацией в начале XXI века.

Приоритетом такой значимой информации, безусловно, является *мировоззренческое знание*, в основе которого понимание того, как устроен мир, природа, частью которой является человек, человеческое общество, каков в нем характер связей и взаимодействий, как обеспечить условия соразвития с природой и сосуществования с людьми в обозримом будущем.

Нарождающаяся в XXI веке коэволюционная стратегия, основанная на идее коэволюции, равно как и само <...> «понятие «коэволюция», подчеркивает взаимопроникновение природного и социального, их сопряженность, взаимодополняемость в предельно широких масштабах». Она оказывает «воздействие на изменение познавательных и ценностных ориентаций», позволяет «осмыслить единство естественнонаучного и гуманитарного знания» Нравственная основа содержания идеи коэволюции названа Н.Н. Моисеевым «коэволюционным императивом», который может быть создан лишь на основе концепции Человека. К естественнонаучным вопросам «что?», «как?», и «почему?» должны быть добавлены вопросы «зачем?» и «для чего?».

Современный мир трудовой деятельности, взаимосвязанный с техническими новшествами, становится все больше миром **социотехническим**. «Проектирование в этом мире должно отличаться высокой культурой, неотъемлемой частью которой становятся **фундаментальные знания о человеке и человеческой деятельности**», необходимость развития идеи нравственной и

мировоззренческой гуманизации образования как необходимого условия преодоления последствий технократического стиля мышления» [6, с.22-23].

Причина этого – осознание произошедшего нарушения оптимальных пропорций между технологическим потенциалом (потенциалом силы) и гуманитарным потенциалом (потенциалом сдерживания) современного общества, в результате которого разрушительные силы, заложенные в современных технологиях, перестали уравниваться силами нравственности, что неизбежно увеличивало угрозу существованию человечества. **Эти факторы потребовали выработки новой идеологии, формирующей культуру выживания человека и общества в быстро изменяющемся мире.**

Традиционно главные изменения всегда касались содержания образования, в которое включалось не только собственно содержание предметных областей, проблема его фундаментальности, но и способы деятельности, методы обучения и дидактический инструментарий, все более выступающие как единое целое, то есть как система. В последнее время педагоги все чаще смещают акцент на разработку разнообразных педагогических технологий, пытаясь охватить проблему во взаимосвязи целей, содержания, методов с включением новых технических средств, коммуникационных технологий, медиаобразовательных ресурсов.

Заметим, однако, что эта работа не приносит сколь-нибудь ощутимого результата вследствие встречающихся трудностей, т. е. внешних и внутренних когнитивных барьеров. Отметим лишь некоторые из них.

Одним из требований, которое оставалось на протяжении многих десятилетий неизменным, явилось соответствие содержания естественнонаучных предметов достижениям науки и техники, **что неминуемо связано с нарастанием объема информации и уровнем ее сложности.** Это, в свою очередь, сопровождалось предъявлением более высоких требований к интеллекту учащихся и условиям образования. Решение этой задачи стало связываться, прежде всего, с

модернизацией собственно содержания предметных областей, а также с дифференцированием уровней образования и возможным увеличением продолжительности обучения, потребностью **пребывания учащихся в «школе полного дня», стремлением преодолеть нарастающие перегрузки проектированием специализированной, удобной и безопасной образовательной среды.**

Вторая часть задачи модернизации содержания заключается в потребности достижения разумного **баланса теоретического и прикладного знания** через дополнение содержания недостающими сведениями об устройстве мира, одновременное освобождение его от второстепенных прикладных знаний и курсов, **но и с учреждением новой системы отбора знаний и условий их трансляции.** Трудности, связанные с задачами этой части, не только понятийные. **Усвоение новых знаний должно быть сообразно возрастным индивидуальным возможностям, а также отводимому для обучения времени, дефицит которого постоянно нарастает.**

Научно-технический прогресс предполагает постоянное расширение и усложнение массива информации, предлагаемого нам нашими предшественниками к усвоению в качестве минимального, необходимого для того, чтобы научиться это наследство правильно использовать, а также приумножать его.

Третья часть задачи модернизации содержания образования в контексте формирования целостного мировоззрения связывается с **фактором постижения сложности.**

История науки и культуры (интегрирующий элемент культуры) отражает материальный и духовный прогресс человечества и уровень цивилизации. Значение интегративных процессов особенно важно для средней школы, где складываются основы научных представлений и целостного видения картины мира.

Очевидно, что в структуре содержания общего среднего образования именно **целостной картине мира** принадлежит монополярная роль своеобразного переводчика со сложного языка

научной теории на язык обыденного сознания, позволяющей представить синтез социогуманитарного и естественнонаучного знания в лаконичной, научно корректной и доступной форме, придать ему человеческое измерение.

Понимание взаимообусловленности процессов, порожденных различными направлениями человеческой деятельности, устройства системы науки и принципов ее функционирования, точно так же, как и уважение к законам природы, должно быть включено в основу целостного (не только научного!) мировоззрения современного учащегося, на которого возможности стремительно развивающейся науки и усложнение жизни цивилизации возлагают постоянно растущую ответственность.

Однако в курсах естественнонаучных предметов в школе эти аспекты упоминаются формально, фрагментарно, отсутствуют необходимые междисциплинарные коммуникации, «связь универсалий». Если речь идет о картине мира, то непременно научной предметной (физической, химической, биологических системах) вне специфики связи между ними и рассмотрения всеобщности изучаемых законов, их интеграции на основе особенностей процесса познания, единого языка описания Природы, позволяющих увидеть ее единство в многообразии (или разнообразии) и закладывающих наглядную основу мировосприятия и миропонимания. Более того, такое положение характерно не только для школы, но и для вузов, готовящих новое поколение учителей. К сожалению, даже введение в вузы курса «Концепции современного естествознания» пока не оказывает должного положительного влияния на создавшееся положение.

По мнению академика Н.Н. Моисеева, давно назрела необходимость введения образовательного пропедевтического курса «Современное миропонимание», который поможет «дать представление о целостности мира поможет нам избежать катастрофических последствий кризиса, который неумолимо надвигается» [7, с. 14, 33]. Ответом на ключевые положения книги

стало издание академического (совместно с РАО и РАН) интегративного учебника [8].

Учебник отличается энциклопедичностью в освещении значительного комплекса ключевых проблем современного научного и научно-технического знания в контексте профессионально осуществленной педагогической адаптации и учебно-методического аппарата. В учебнике для X класса имеется специальная глава, посвященная эволюционной картине мира. Соответственно ведущим идеям курса, в частности, идеи единства, целостности и системной организации природы, введены необходимые синергетические понятия (единство многообразия, самоорганизация в макро- и микромире, порядок и хаос, бифуркации, стрела времени и др.).

Однако этот материал позволяет раскрыть лишь часть многоаспектной проблемы формирования мировоззрения человека. Кроме этого, дизайн учебника, размещение текстового и изобразительного материала и их взаимосвязь, внутренняя структура учебника не создают должной основы (опоры) ни для восприятия, ни для понимания текста, определенные трудности возникают даже у преподавателей курса. Причина этого кроется не только (возможно, и не столько!) в учебнике, сколько в общей методической неготовности учителей принять предлагаемые нововведения, учащихся воспринимать учебный материал, поскольку формы их восприятия, сегодня иные, чем были раньше, равно как и язык общения, влияющие на смысл информации и укорененные в специфике парадигм и мифов социотехнического мира.

Формы и методы трансляции учебного материала составляют сегодня важнейшую проблему обучения. В формировании способности обучаемых формулировать и излагать свои мысли, в развитии креативных способностей роль новых методических подходов трудно переоценить. Очевидно, что решение этой непростой задачи напрямую связано с разработкой отдельных видов средств обучения и их комплексов на основе системного проектирования. В этом плане учебник, которому раньше отводилось центральное место

в системе средств обучения, утратил свое значение, а по сути, и вытеснен современной электронной техникой, хотя использование последней, однако, пока не принесло ощутимых положительных результатов, скорее наоборот.

Ответ на вопрос, какие способы передачи информации наиболее эффективны для усвоения, и в каких формах и с помощью каких технологий, они могут быть представлены в различных видах средств обучения, каким должен стать школьный учебник и каким образом он должен вписываться в общую систему, чтобы удовлетворять современным требованиям, составляет проблему, требующую серьезного исследования.

Сущность базового знания: критерии отбора

Вопрос о том, какие именно знания следует считать базовыми и какова методология их отбора из научного массива, не имеет однозначного ответа.

Понимание того, как происходило накопление знаний, дает возможность установить, какие наиболее важные события и процессы прошлого определили современное состояние науки, и на этой основе выделить массив информации, которым необходимо овладеть для возможности дальнейшего прогресса.

Вопрос о селекции научной информации составляет основу проблемы не только формирования массива базовых знаний, но и проблемы трансляции знания, тесно связанных между собой. Известно, что отобранная и структурированная информация лучше откладывается на уровне подсознания, легче извлекается для дальнейшего использования ее в жизни и деятельности. Но этого недостаточно.

Попытка предельно упростить процесс усвоения базовой информации «для экономии времени» и одновременно добиться высокой степени ее воспроизводимости, неизбежно ведет к **усложнению методов и форм организации этого процесса, т. е. к проблеме создания соответствующих педагогических технологий,**

средств обучения и условий их применения, что, естественно, требует адекватного профессионального и культурного уровня подготовки учителей.

Формы и методы трансляции знаний видоизменяются вследствие технологизации системы образования. Очевидно, что должен изменяться и учитель, превращаясь в учителя нового стиля – технолога, педагога-воспитателя, носителя культуры, менталитета общества. Именно поэтому **вращивание педагога, обладающего новейшим научно-техническим знанием и культурой его использования, – важнейшая проблема современности.**

Система базовых знаний – система динамичная. Она должна быть чувствительна ко всем изменениям, происходящим в науке, и реагировать на все эпохальные открытия, тем более на смену научных теорий и парадигм. В целях развития способностей учащихся к рефлексии целесообразно включать в систему базовых знаний и отдельные, еще не обладающие «признаками научности», проблемы. Необходимо признать, что эта система открытая или, даже «приоткрытая», с ограниченной **контролируемой** динамикой. Она как бы отделена от остального пространства науки и культуры полупроницаемой мембраной, через которую внутрь попадает только отобранная информация, не содержащая шумов и непроверенных «сенсаций» – того, что может помешать правильному формированию мировоззренческой и научной базы. До того, как учащийся научится обрабатывать информационный поток, следует помочь ему разобраться в том, что необходимо усвоить (правило или закон), как отличать от того, что полезно принять к сведению, что требует дополнительных исследований, а что является частной информацией, информационным шумом или сознательной дезинформацией. По-видимому, такие возможности должны быть предоставлены учащимся через специальные дидактические средства поддержки, учебно-методические комплексы, включающие научно-популярные хрестоматийные издания, мультимедийные средства, медиаобразовательные материалы, содержащие фотоматериал, клипы,

отрывки из художественных фильмов, которые наглядны, доступны, способствуют возникновению интереса учащихся. Однако этого недостаточно. Такие средства обучения должны, прежде всего, удовлетворять особенностям восприятия заложенной в них информации и умению школьников извлекать и использовать ее для достижения поставленных целей. Этому всемерно способствуют разные подходы, но структурно-исторический анализ занимает одно из ведущих мест.

В качестве примера учащимся могут быть приведены результаты изучения истории формирования научно-технического потенциала в рамках определенных отраслей знания, которые позволят наглядно продемонстрировать учащимся процесс развития науки от фундаментальных открытий до производства, раскрыть роль этих открытий в разработке сложных современных технологий и формировании культуры их использования.

Что же включает в себя понятие «базовое знание»?

Базовое знание – совокупность приоритетных сведений о важнейших компонентах окружающего мира (природа, ноосфера, социум, цивилизация) и общечеловеческих ценностях, на основе которых формируются **образовательные области** и их составляющие (научно-техническая, гуманитарная, экономическая, информационно-коммуникативная и экологическая), интегрированные в **предметные курсы в виде фундаментального ядра** развития системы мировосприятия, миропонимания и **целостного мировоззрения учащихся**, а также **культуры человека и общества в ее духовном, интеллектуальном, социальном и материальном единстве.**

Именно такой холистический подход обеспечивает условия для реализации государственного заказа в сфере национального единства и безопасности, становления и развития личности, ее конкурентоспособности.

Очевидно, что базовые знания должны удовлетворять требованиям историчности, приоритетности, эргономичности (т.е. приспособленности к реальным условиям и возрастным особенностям

школьников), а также и критериям преемственности между звеньями непрерывного образования.

Историко-структурный метод отбора базовых знаний

Наиболее интересной для формирования системы базовых знаний представляется методология применения структурно-исторического анализа, включающая технологию использования историко-научных данных, которая основана на концепции структуры фронта развития науки. [9, с.20-21].

Для детального рассмотрения процесса введено понятие «структура науки» (структура знания), представляющее совокупность элементов науки (знания) и совокупность устойчивых связей между элементами. Структура науки – это фактическое состояние общих научных знаний, это то, что собственно «знает» наука на конкретный момент об окружающем мире, что на этот момент открыто. Речь идет о фундаментальных открытиях и господствующих теориях.

Элементы знания (открытия, законы, теории), соединенные между собой информационными связями, образуют информационные структуры, одной из характеристик которых является время их существования (время жизни).

Структура существует (сохраняется) до тех пор, пока возникновение нового элемента, его признание в научном мире и использование не приведет к трансформации старой и появлению новой структуры.

Время существования структуры определяется интервалом времени (историческим периодом), в течение которого структура не претерпевает изменений, т.е. интервалом времени между двумя последующими трансформациями.

Результатом изменения ситуации в науке может быть:

– гибель (отмирание, исчерпание) гипотезы и сохранение старой структуры (трансформация не произошла);

– включение гипотезы в систему знаний, если при этом не возникло противоречий (новая структура стала на один элемент больше прежней, добавились и (или) исчезли некоторые связи);

– разрушение некоторых старых представлений под влиянием новой теории (гипотеза оправдалась); в новой структуре количество элементов не изменилось или даже уменьшилось, некоторые связи перераспределились.

Эволюцию научных знаний можно выразить последовательностью информационных структур, следующих в хронологическом порядке одна за другой.

В результате каждая такая плоскость представит временной срез, характеризующий структуру состояния знания на время появления последнего «структурообразующего» события. Все фундаментальные открытия и теории, существующие к тому времени, независимо от того, что они появились в разное время, войдут в структуру и будут отображены на плоскости среза в виде своих проекций. Таким же образом в виде своей проекции на плоскость будет изображена конфигурация информационной сети, т.е. связей между элементами.

Сам же срез, по существу, будет представлять графическое изображение континуума, включающего множество элементов знания, сгруппированных по разделам и областям (подмножествам), топология которого от среза к срезу принципиально сохраняется.

Таким образом, структурно-исторический анализ – это познание законов изменения таких структур и их смены [9, с. 12].

Очевидно, что неполнота базового знания и его некоторое несоответствие реальной ситуации в обществе (отставание) – неизбежное явление. В этом охранная функция системы образования и основа для прогнозов.

Тенденции обновления содержания образования за рубежом во многом созвучны с отечественными направлениями реформирования образования. Одним из главных факторов обновления содержания образования в зарубежных странах стало осознание неподготовленности человечества к происходящим глобальным

процессам и угроза выживания. В связи с этим появилась новая образовательная область – глобальное образование. К наиболее важным аспектам глобального образования отнесены экология (окружающая среда), межкультурные связи, развитие, мир, экономика, технология, права человека, призванные в целом служить воспитанию гражданственности, новому мировидению, пониманию общности и взаимозависимости людей, взаимодействию различных культур и мировоззрений, стремлению к диалогу как основному средству межличностных отношений и достижения социальной справедливости.

Учитывая значительную перегрузку школьных программ, наиболее выигрышной признана интеграция проблем глобального обучения в действующие учебники, факты и информации [10, с. 94-95].

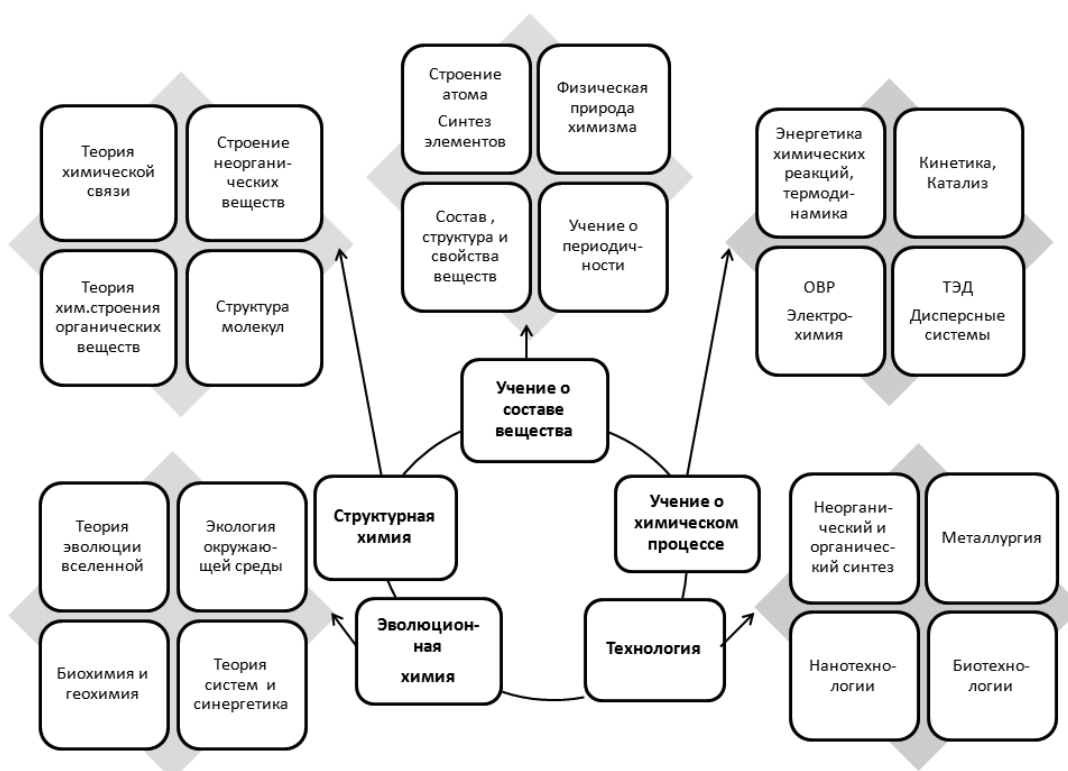
При этом особое внимание обращается на четыре аспекта глобального обучения: **системный** (проблемы, выходящие за рамки национальных границ, взаимосвязь экологических, культурных, экономических, технологических, политических систем); **аспект будущего** (видение новых альтернатив в решении назревших проблем); **моральный аспект** (взаимозависимость в обществе, общие моральные ценности вне зависимости от культурной идентичности, пола, религии, социально-экономического статуса); **рефлексивный аспект** (взаимоуважение к различным ценностям, взглядам, решению проблем, умения разностороннего подхода к возникающим ситуациям и событиям).

Рассмотренные факторы указывают на возможные подходы, которые помогают определить систему понятий химии, и представлять собой фундаментальное ядро. Оно призвано базироваться на фундаментальных теориях, законах, учениях, технологиях, междисциплинарных связях, современном научном и учебном инструментарии, введенном в контекст норматива стандарта нового поколения.

Проведенный анализ приоритетных направлений развития химической науки позволил наметить возможные блоки содержания в рамках базового и профильного обучения химии и сопоставить их с тематикой действующих программ (см. схему).

Схема

Блоки содержания химического образования



В основе исследований химической науки первостепенную роль играют пять концептуальных учений, показанных в центре схемы: учение о составе вещества, учение о химическом процессе, технологии, эволюционная химия и структурная химия. Каждое из названных концептов включает модуль – квартет, состоящий из четырех тематических разделов. Номинально все разделы находят то или иное отражение в школьном курсе химии, однако «наполняемость» их неодинакова. Некоторые из этих разделов не представлены должным образом ни в базовом, ни в профильном курсах, но имеют огромное мировоззренческое значение, например, разделы эволюционной химии, особенно теория систем, синергетика.

Представленные разделы необходимо детально исследовать с целью модернизации и введения новых блоков содержания, а также разработки средств, используемых в качестве источников содержания и его трансляторов, компонентов проектирования технологий обучения.

Подводя краткий итог развития идей отечественной школы, можно констатировать, что наступило время оглянуться назад в поисках утраченного: предана забвению идея политехнизма и трудового обучения; технологии ни в базовом, ни в углубленных в курсах химии, в том виде, как это необходимо, не представлены; школьная химия перестала быть экспериментально-теоретической наукой с утратой различных видов химического эксперимента; методы научного познания не подкрепляются необходимыми опытами ни на качественном, ни на количественном уровнях, отсутствует модельный эксперимент, межпредметные (междисциплинарные) связи в современном понимании всеобщности законов и теорий в контексте системности и взаимосвязи наук декларированы, но не раскрыты.

Что мешает движению вперед? «Дорожная карта»

Методика химии – наука многогранная, относящаяся ко всем уровням химического образования школы, вуза, послевузовского обучения, сегодня требует серьезных преобразований. Один из аспектов этой проблемы показан в статье профессора Г.В. Лисичкина «Методика преподавания – второсортная наука?» [11, с. 34-49]. В статье, на мой взгляд, совершенно правомерно обнажается проблема развития методики химии в контексте теоретико-методологического и практического аспектов исследования. Разделяя все приведенные автором положения, заметим, что научная несостоятельность диссертационных работ (а также и методических пособий) нередко объясняется не только (не столько?) формой представления исследований, но и недостаточной проработкой методологии исследования. Слабая обоснованность проблемы из-за отсутствия серьезного научного анализа, множественность подходов к ее

решению, не гарантирующих однозначно планируемого результата, недостаточное внимание к выделению (извлечению) фундаментального содержания, специфичного для данной науки и адекватных способов его трансляции, часто «дидактически завуалированных» общими известными положениями дидактики и психологии, – неполный перечень недостатков исследований по методике химии и естествознания. К этому следует добавить несогласованность применяемых терминов и научных понятий, их различное толкование. Например, нет единого взгляда методического сообщества на такие понятия, как «фундаментальность знания» и его компонентный состав, «сложные системы», «междисциплинарные коммуникации», призванные, **по всей видимости, формировать целостный (холистический) подход** не только к собственно предметному содержанию, его мировоззренческой основе, но к другим важным проблемам обучения, воспитания, развития личности обучающихся – организации деятельности и ее инструментальной составляющей, выбору личностно ориентированных образовательных маршрутов, построению оптимальных стратегий поведения в различных жизненных ситуациях.

Очевидно, все это позволяет сегодня говорить об отставании методики химии от уровня науки и особенностей ее преобразования в изменяющихся социальноэкономических условиях. Сегодня нам явно не хватает серьезных исследований по теории методики химии!

В социотехническом мире обостряется проблема инструментальности учебной деятельности «через дидактические и технические средства, медиаобразовательные ресурсы», связанная, не только с дифференцированием уровней образования, но и с учреждением новой системы отбора знаний и условий их трансляции, стремлением преодолеть нарастающие перегрузки.

Это обстоятельство требует разумной технологизации процесса обучения, обеспечивающей безопасность, удобство, приспособленность (эргономичность) дидактического инструментария к специфике содержания и различным видам деятельности.

Как должна быть выстроена материальная среда жизнедеятельности школьников и встроенные в нее комплексы средств обучения, новые технические средства, технологические достижения для формирования целостной картины мира, понимания роли и значения в ней химической составляющей?

Очевидно, что решение этой задачи может быть успешно реализовано лишь с учетом знания новаций науки и техники, раскрытия его фундаментальности и сущности экологического императива; осмысления понятия «сложность», особенностей его понимания и усвоения через выбор форм и методов трансляции в контексте теории самоорганизации; разумной сбалансированности теории и практики и плотности информационной» нагрузки.

Приоритетного разрешения требует вопрос целей и содержания обучения химии в школе: чему отдать предпочтение и чем можно пренебречь, какие знания можно отнести к базовым, отвечающим требованиям фундаментальности и обязательности для всех уровней общего среднего образования.

Второй вопрос касается процесса извлечения и передачи знания из все возрастающего информационного массива в фиксированные сроки обучения. Важно понять не только какая информация подлежит изучению, но и как она должна быть систематизирована и структурирована, какой инструментарий ее трансляции необходим.

Третий вопрос возникает в связи с потребностью системной организации деятельности, привлечением наиболее адекватных не только содержанию ее форм и методов, но и особенностям восприятия и усвоения учебного материала, возможностям встраивания необходимого и достаточного дидактического инструментария для оптимизации обучения. Для ответа на этот вопрос нелишне будет представить в целом, какой (или каким видам) деятельности необходимо научиться школьникам, какие принципы и подходы должны быть освоены для формирования личностной мотивации, проектирования различных видов деятельности и ее отдельных

компонентов, возможности успешного управления ею для достижения поставленных целей и намеченных результатов.

Какая химия должна изучаться в современной школе? На этот вопрос отвечает в своей статье одноименного названия профессор Г.В. Эрлих: «Чтобы вернуть химии подобающее место в представлении людей об окружающем мире, акцент необходимо делать на веществе как основном объекте химии, на материалах, на широчайших возможностях их трансформации с помощью различных воздействий, в том числе, химических реагентов. <...> Необходимо показать школьнику, что химия – передовая наука, использующая, в том числе, все новейшие достижения смежных наук и технологий. И делать это надо с первого дня изучения химии, а не в выпускном классе, когда интерес к химии безнадежно утрачен» [12, с. 80,81]. С этим трудно не согласиться.

XXI век – век технологий, в качестве прорывных названы четыре мегатехнологии, определяющие наше ближайшее будущее: нанотехнологии, биотехнологии, информационные технологии и когнитивные технологии [13].

Во всех этих технологиях современная химия – важнейшая составляющая, по выражению автора, вышеупомянутой статьи, «пир высоких технологий», без которых невозможно представить себе ни одну из сфер жизнедеятельности, однако ни школьник, ни учитель, по-видимому, об этом не ведают.

Так может, действительно надо начинать изучение химии с демонстрации панорамы ее использования в различных сферах, т. е. именно с тех превращений, открытий, технологий, которые способствуют первичной мотивации и возникновению интереса к предмету? Допустима также и возможность показа живых демонстраций на первых уроках химии, например, автоколебательных реакций (реакции Белоусова – Жаботинского), открывающих в последующем путь к пониманию принципа самоорганизации систем и автокатализа.

Но возможно ли решать поставленные задачи в условиях сегодняшней школы?

Эти условия сложились, к сожалению, вне понимания научно-технических (технологических!) достижений химии; изменяющихся взаимосвязей в триаде «эксперимент-модель-теория» в процессе познания, составляющих основу изучения химии; без научно обоснованного фундаментального ядра содержания, отраженного в **типовой** (а не примерной!) программе, составляющей жесткий норматив, обязательный для исполнения всем без исключениям видам школ вне зависимости от их типа и вида. Можем ли мы рассчитывать на получение качественных знаний, умений и навыков владения информацией (не говоря уже о поведенческих стратегиях обучаемых) новым поколением школьников без учета особенностей ее восприятия, понимания и усвоения в условиях явного перевеса электронной (виртуальной) техники над традиционными средствами?

Нужно ли школе такое многообразие учебников, в которых впору заблудиться не только учителю, но и специалисту эксперту? Псевдодемократия так называемого выбора учебника и составления примерной программы для каждой в отдельности взятой школы, привела к нарушению преемственности обучения, к поиску и возврату учителями старых учебников (при наличии навязанных администрацией новых). Малые тиражи методических пособий, а порою и полное отсутствие их, привели к почти полному незнанию учебного оборудования, необходимого для демонстрационного и ученического эксперимента, практикума, решения экспериментальных задач, а по существу к утрате многих ценных традиций отечественной школы методики химии. Сегодня учителя часто не «узнают» показываемых им приборов, и принадлежностей, не могут назвать их предназначения, боятся показывать химический эксперимент, не владеют терминологией [14].

В требованиях ФГОС по оснащению учебным оборудованием реактивы, являющиеся предметом изучения химии, причислены к расходуемым материалам. Многие вещества, например, кислоты

(серная кислота), отнесены к прекурсорам наркотических препаратов и их использование в школе ограничено или вовсе запрещается в школах. Налицо картина небрежного, непрофессионального отношения к предмету, к специфике и подбору материально-технического оснащения обучения химии, к нормативам безопасности. Все это втиснуто формально в две страницы примерных программ по учебным предметам с полным игнорированием ранее тщательно разработанных перечней, правил по технике безопасности и методических материалов! В отсутствии государственного и научно-методического контроля и условий полной свободы выбора школой «чему, как и когда учить», мы наблюдаем постепенное умирание химии как предмета и вытеснение его из учебного плана старшей школы (X-XI класс).

Все это порождает хемофобию и в качестве первоочередного «лекарства» требует введения нормативов материально-технического обеспечения основных образовательных программ, включающих три важнейших документа: перечни учебного оборудования, реактивов и материалов; нормы и требования к инфраструктуре и оборудованию кабинетов химии; и педагогико-эргономические требования к различным видам учебного оборудования по химии.

Нельзя пренебрегать также особенностями обучения, которые свойственны современному поколению школьников. Это поколение не плохое и не хорошее, как об этом принято говорить, оно – **другое**.

Сегодня готовность учащихся к восприятию сложных явлений и открытий гораздо выше, чем у педагогов. Эта способность присуща новому поколению, для которого электронные и технические средства являются «родными», обыденными, язык общения доступным и широко используемым в интернете, социальных сетях, в отличие от вербальных источников.

По мнению исследователей когнитивных технологий, новому поколению молодежи, привыкшей с детства к визуальной информации, сложно воспринимать тексты, что означает, определенный закат вербальной культуры. Предсказывают, что

маркетинговые коммуникации так называемого поколения ЗЕТ, будут в основном визуальными [15].

Уже сейчас мы сталкиваемся с возникшими негативными для здоровья следствиями просмотра 3D-кино: головные боли, головокружение, тошнота, раздвоение зрения. Есть сведения о том, что мировые лидеры Toshiba, Hitachi и Sharp совместно с правительством Японии разработали справочник, предупреждающий о негативном влиянии 3D-технологий. Не рекомендуется увлекаться просмотром 3D-телевизора беременным женщинам, маленьким детям и людям преклонного возраста. В связи с этим возникает вопрос о готовности нашего разума к восприятию технических новаций, а также проблема их тщательного исследования с целью адаптации и предотвращения нанесения вреда здоровью при их использовании в обучении.

Рождающаяся новая цивилизация опирается на новый тип научной рациональности, для которой характерно стремление к постижению научно-технических новшеств, обновлению среды жизнедеятельности, повышению качества жизни. Все это является залогом формирования новой идеологии и нового типа личности, призванных обеспечить выживание и прогресс человечества в быстро изменяющихся условиях современного мира.

Каков же выход из создавшегося положения? По-видимому, необходима консолидация научно-методического сообщества для определения приоритетных задач в рамках системно-деятельностного подхода. К ним необходимо отнести в первую очередь проблему целеполагания и на ее основе модернизацию концепций современного школьного химического образования в рамках определения методологически обоснованных перспективных фундаментальных моделей содержания химии для разных уровней обучения, способствующих преодолению узости существующего традиционного предметного подхода в обучении и становлению мировоззренческой парадигмы. Для этого предстоит разработать модели научно-

мировоззренческих учебных курсов для основной и старшей школы на междисциплинарной системно-синергетической основе.

Вторая важная задача – разработка типовых программ для базового и углубленного изучения химии, определение структуры содержания с учетом предоставления возможности использования информации в сжатой и развернутой форме с помощью печатных и электронных средств. Необходимо избавить учителей от несвойственной им обязанности составления программ. Составление типовых программ – обязанность методической науки.

Третья проблема касается сущности технологизации процесса обучения и его инструментальной составляющей, в частности, создания учебников нового поколения на печатной и электронной основе в системе перспективных средств обучения. Остро необходимо расширение выпуска учебной и методической литературы, тиражи которой сегодня ничтожны по сравнению с числом школ, стоимость книг высока, что создает трудности при приобретении необходимых в работе материалов.

Но самая главная проблема – это проблема воспитания учителя, которому предстоит пройти через определенные когнитивные барьеры прежде, чем достигнуть высокого педагогического мастерства. В целом, речь идет о проектировании когнитивных технологий – о способах, алгоритмах, средствах для достижения целей обучения, спроектированных на основе закономерностей процесса познания, коммуникативных практик, специфики обработки информации, опирающихся на данные нейронауки, компьютерные информационные технологии, математическое моделирование.

Проблема восприятия педагогом новых научных достижений, понимания и правильного толкования их сегодня, как никогда, связана с проектированием новейших педагогических технологий. Эта проблема остро актуальна, но пока полностью не осознана педагогами.

Четвертая задача – определение требований к учителю и разработке системы его общей и предметной подготовки. По-

видимому, следует обратить внимание на два мнения по данному вопросу.

«Выстраивая содержание школьного курса и его предметов, нам следует постоянно помнить и четко понимать, что мы учим **не предмету, а на предмете**. Особое значение авторы придают воспитательной работе, понимая под ней не внушение школьникам «правильных» принципов, а в таком построении решаемых школьниками задач – не столько предметных, сколько надпредметных и социальных, – чтобы, «питаясь» этими задачами, он приобретал те навыки и умения, которые помогут участвовать в деятельности общества. И новая школа должна в центр своего внимания поставить именно это **воспитание**, а не «теоретическое накачивание» с мифической целью «формирования человека нового свободного общества» [16].

Изменяется роль учителя и его востребованность в новых социотехнических условиях. «Очень скоро каждому школьнику и студенту можно будет предоставить персонального «компьютерного тьютора» – квалифицированного, настойчивого, терпеливого, готового к интерактивному взаимодействию, к диалогу, ориентированному на то, чтобы ученик поскорее превзошел учителя. По сути, это первоклассное индивидуальное обучение для всех. Разумеется, роль учителя, его знаний, личности, индивидуальности, пройденного им пути никто не отменял и не отменит», – считает Г.Г. Малинецкий [17].

Учитель в роли наставника – еще один важнейший аспект образования. В чем смысл и суть наставничества, какими способами и формами деятельности должен владеть педагог нового поколения?

Вопросы, которые сегодня не имеют однозначного ответа, но требуют тщательного исследования.

Так ли это или нет, покажет время.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шаповаленко С.Г. О преодолении отставания методики как науки // Советская педагогика, 1953, № 11, с. 2-12.
2. Менделеев Д.И. Основы химии. – М., 1947, с.1.
3. Менделеев Д.И. Заметки о народном просвещении России. – Спб, 1901.
4. Бутлеров А.М. Основные понятия химии. – Спб., 1886.
5. Бутлеров А.М. Введение к полному изучению органической химии. – Спб., 1864.
6. Мунипов В.М., Зинченко В.П. Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды. – М.: Логос, 2001.
7. Моисеев Н.Н. Универсум. Информация. Общество. – М.: Устойчивый мир, 2001.
8. Естествознание для старшей образовательной школы (базовый уровень): 10, 11 классы. – М.: Просвещение, 2007.
9. Шамин А.Н. История биологической химии. Институционализация биохимии. – М., 1994.
10. Курдюмова И.М. Модернизация общего образования за рубежом. – М.: Изд-во РАО, 2006.
11. Лисичкин Г.В. Методика преподавания – второсортная наука? // В сб.: Естественнонаучное образование: время перемен / Под ред. В.В. Лунина и Н.Е. Кузьменко. – М.: Издательство МГУ, 2014.
12. Эрлих Г.В. Какая химия должна изучаться в современной школе? // В сб.: Естественнонаучное образование: тенденции развития в России и в мире / Под ред. В.В. Лунина и Н.Е. Кузьменко. – М.: Издательство МГУ, 2011.
13. Константинов А. Когнитивные технологии: будущее, которое мы не ждали. – URL: <http://rusrep.ru/article/2010/10/18/cognit/>
14. Учебно-материальная база образовательного учреждения общего среднего образования и здоровье школьника. Аналитический доклад. Химия. /Научный руководитель Назарова Т.С. – М.: ФГНУ Институт содержания и методов обучения РАО, 2014.
15. Фуколова Ю. Секрет Фирмы. <http://www.kommersant.ru/doc/2483995>
16. Боровских А.В., Розов Н.Х. Деятельностные принципы в педагогике и педагогическая логика. – М.: Макс Пресс, 2010, с. 66-67.
17. Малинецкий Г.Г. Когнитивный вызов в контексте самоорганизации // Синергетическая парадигма. Синергетика инновационной сложности. – М.: Прогресс-Традиция, 2011, с. 104.