

## ПРИНЦИП ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ И ПРЕДСТАВЛЕНИЕ О КОГНИТИВНЫХ СТРУКТУРАХ В ПРАКТИКЕ ОБУЧЕНИЯ ХИМИИ

«Задача психолога... установление внутренней структуры учебных предметов с точки зрения развития ребенка и изменение этой структуры вместе с методами школьного обучения».

*[Выготский Л. С. — 1991, с. 13]*

На примере обучения химии доказывается более высокая эффективность образовательного процесса, организованного в соответствии с универсальным законом развития. Полученные данные показывают, что представление о когнитивных структурах как носители свойств субъекта и принцип системной дифференциации могут и **должны стать «компасом»** для разработки и психолого-педагогического анализа программ, методик, приемов, технологий и стандартов школьного обучения.

Уровень России согласно данным международного сравнения качества образования (PISA) — не выше среднего. Многие видят причину неутешительного результата в том, что PISA направлена на оценку способности применения полученных знаний на практике, а у нас — приоритет теоретического образования, следовательно, данная диагностика невалидна. Однако сложившаяся ныне система подготовки, скорее всего, ведет к формированию «теоретикообразного», а не теоретического мышления, о сути которого прекрасно изложено в работах В. В. Давыдова [2000]. За последние десять лет под лозунгами демократизации, инновации фактически уничтожено все лучшее, что накоплено десятилетиями и проверено практикой.

Химия — как учебный предмет, по своему характеру, содержанию и особенностям научного познания действительности обладает неограниченными возможностями формирования научного мировосприятия и миропонимания. Тем не менее, химия характеризуется учащимися и взрослыми, профессионально не связанными с химией, как сложная, трудная и малопонятная учебная дисциплина, вызывающая, в основном, негативное отношение (это характерно не только для нашей страны).

Активно пропагандируемая идея гуманизации и гуманитаризации образования на практике привела к замене предметов естественнона-

учного цикла распылчатыми курсами культурологи, риторики, превратив химию в раздел естествознания с особыми программами для той части учеников, у которых «другие наклонности».

Назрел системный кризис химического образования: с одной стороны, многие преподаватели сталкиваются с недальновидными решениями отделов управления образованием, со слабой общей подготовкой студентов и школьников, с другой стороны — большинство обучаемых не удовлетворено существующей практикой преподавания.

А. А. Журин [2007] предлагает следующие пути решения проблемы: 1) *возврат к прежнему числу часов*, 2) *возврат к линейной программе*, 3) *изменение характера деятельности учителя и ученика*, 4) *выбор хорошей программы*.

Программ действительно сейчас очень много, и появляется с каждым годом все больше. Однако анализ данных программ, особенно в которых заложен так называемый «концентрический»<sup>1</sup> принцип развития по спирали, что они не соответствуют закону умственного развития сформулированному более 350 лет назад в «Великой дидактике» Я. А. Коменским и нашедшего отражение в работах как отечественных, так и зарубежных философов, психологов (И. Кант, Ф. Гегель, Х. Вернер, Э. Гибсон, Ж. Пиаже, Н. О. Лосский, В. Соловьев, И. М. Сеченов и др.). Действие этого закона отражено и в различных учениях древности, но наиболее полно он представлен в работах Н. И. Чуприковой [2007].

*Многие учителя, не зная этого закона*, фактически интуитивно обосновали возможность построения программ обучения в соответствии с принципом системной дифференциации.

Я. А. Коменский [1989] утверждал, что всякий язык, наука, искусство должны преподаваться сначала с самых простейших основных начал. Учащиеся должны получать о них общее понятие в целом и упражнять свои чувства в области правильного восприятия различий, существующих между предметами. Хорошо учить, согласно Я. А. Коменскому, значит показывать, в чем отличие одних вещей от других по их назначению, форме, происхождению: тот, кто хорошо различает,

---

<sup>1</sup> Да, действительно, один из возможных путей развития — развитие по спирали. Но это лишь внешнее проявление определенных внутренних процессов, развивающихся по своим законам. Такая организация «развивающего» обучения является типичным «эмпирическим подходом» по В. В. Давыдову, когда вместо генетически исходного целого, авторы опираются на внешние эмпирические признаки.

тот хорошо и обучает. Обучение пойдет легко и успешно, если будет осуществляться от слитного к раздельному, от общего — к частному и специализированному.

Г. Спенсер [2003] применительно к умственному воспитанию писал, что ум в целом и в каждой своей способности начинает с грубого различения предметов и действий и после этого переходит к большей отчетливости и ясности. Именно с этой закономерностью должны быть согласованы содержание и методы обучения.

Согласно Дж. Брунеру, целью обучения должно стать овладение учащимися структурой того или иного предмета. Поэтому учебные планы следовало бы составлять, исходя из наиболее общих принципов, которые отражают структуру того или иного предмета. Эти общие принципы и самые основные понятия надо изучать в первую очередь.

В. В. Давыдов [2000], анализируя трудности в усвоении понятий, основную причину видит в том, что обучение школьников построено по принципу «от частного к общему», ведущему к эмпирическому познанию, к мышлению отдельными элементами, мало или совсем не связанными между собой. В. В. Давыдов выдвигает тезис о необходимости формировать у школьников теоретический тип мышления, развитие которого осуществляется «от абстрактного к конкретному», «от общего к частному». Теоретическое понятие, по В. В. Давыдову, прослеживает взаимосвязи отдельных предметов внутри целого, внутри системы в ее становлении. Абстрактное — это генетически исходный момент развития, неразвитое простое образование, содержащее в себе все потенции перехода к развитой целостной системе. Усвоение знаний общего и абстрактного характера должны предшествовать знакомству с более частными и конкретными знаниями, — последние выводятся из первых как из своей основы.

Л. В. Занков, разрабатывая экспериментальную систему развивающего обучения, отказался от требований традиционной дидактики рассматривать каждый отрезок учебного курса как самостоятельную «законченную единицу» и приступать к усвоению нового материала лишь после того, как будет основательно усвоен предыдущий. Характеризуя в самой общей форме построение экспериментальных программ, отличающих его систему, Л. В. Занков определял его как дифференциацию, т. е. расчленение целого на многообразные формы и ступени, возникновение различий в процессе движения содержания. Работа по четкому разграничению в познании учащихся разных признаков изучаемых объектов и явлений осуществляется в соответ-

ствии с принципами системности и целостности. Каждый элемент знания усваивается только в связи с другими и обязательно внутри определенного целого. Таким образом, подлинное познание каждого элемента все время прогрессирует по мере овладения другими, последующими элементами предмета, и осознания соответствующего целого вплоть до всего учебного курса. Ключевой методический прием в системе Л. В. Занкова, предполагающий формирование хорошо расчлененных когнитивных структур, — специально организованное сравнение, в котором вещи и явления, сходные по одним параметрам, могут быть различными по другим, и наоборот.

И. Я. Каплунович разработал программу формирования пространственного мышления учащихся в курсе геометрии, основанную на генетическом принципе и реализующую идею Ж. Пиаже о том, что порядок формирования геометрических понятий и операций в естественном умственном развитии ребенка соответствует порядку логической преемственности основных групп: топология, метрическая евклидова геометрия, проективная геометрия. То есть от наименее дифференцированных когнитивных структур к наиболее дифференцированным подструктурам, от оперирования целостными пространственными образами к оперированию все более дробными их деталями, свойствами и отношениями.

В настоящее время появляются первые программы, изначально разработанные в соответствии с принципом системной дифференциации и представлении о когнитивных структурах, как субстрате умственных способностей: программа Н. П. Локаловой «120 уроков психологического развития младших школьников», программа экологического образования Г. Н. Каропы, программа «Когнитивное обучение на уроках химии».

Основная цель программы «Когнитивное обучение на уроках химии» — формирование когнитивных структур репрезентации химических знаний, являющихся субстратом, носителем специальных химических способностей. Анализ деятельности химика, а также предметной области химии позволяет выделить следующие когнитивные структуры: метапредметные структуры, отражающие метапредметные знания (явление, величина, закон, теория...); межпредметные структуры, отражающие группы понятий о структурных формах движения материи, методах научного познания, фактах, понятиях...); специфичные предметные структуры:

1) «чувство вещества» — сенсорно-перцептивная структура, отвечающая за специфическое «химическое» восприятие материи;

2) «химические руки» — комплексная структура, представляющая единство когнитивных структур репрезентации химических знаний и сенсомоторных структур, отвечающих за особо тонкую различительную чувствительность к временным, силовым, пространственным характеристикам движения и изменений физико-химических характеристик вещества (веса, твердости, плотности, температуры, консистенции и т. д.);

3) структура химического языка — отвечающая за способность от внешне наблюдаемых характеристик вещества и его изменений переходить к рассмотрению его внутреннего строения и кодировать эту информацию при помощи химических знаков и символов;

4) структуры качественно-количественных отношений, включающие «генетические структуры» и структуры причинно-следственных связей;

5) структура понятийных отношений химии;

6) производственно-технологические структуры.

При изучении химии используются структуры причинно-следственных связей; структуры организации эксперимента; некоторые структуры математических и физических знаний; структуры, обеспечивающие понимание и порождение речи; структуры формирования понятий. Все перечисленные структуры относятся к общим структурам, но при изучении химии приобретают свое специфическое химическое содержание.

Детальный анализ историко-культурного развития химии показывает, что процесс зарождения генетически исходных существенных и всеобщих отношений, определяющих содержание и структуру химии, и ход их последовательной дифференциации и интеграции как частный случай развития всех сложных систем и общества подчиняется всеобщему универсальному закону развития.

Интуитивное использование дутья и флюсов при выплавке железа (середина второго тысячелетия до н. э.) доказывает, что химический процесс изначально как целостная система представлен в созерцании. Из всего потока химической формы движения материи сознание Человека первоначально выделяет элементный состав вещества, затем его структуру и только после этого начинает рассматриваться вся кинетическая система в целом. Формируется способность различать все большее число критериальных признаков, определяющих свойства вещества, таких как состав и структура вещества; природа и относительные количества реагентов; внешние условия, в которых находится система; веществ, стехиометрически не участвующих в ре-

акции (примеси, катализатор, растворитель и т. п.), но влияющих на протекание химического процесса. Этот естественный порядок формирования химических понятий был реализован в программе «Когнитивное обучение на уроках химии»: зависимость свойств вещества от состава, строения и всей кинетической системы в целом. То есть от наименее дифференцированных когнитивных структур к наиболее дифференцированным подструктурам, от оперирования целостными образами химической формы движения материи к оперированию все более дробными их элементами, свойствами и отношениями.

### ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОГНИТИВНЫХ СТРУКТУР ХИМИЧЕСКИХ ЗНАНИЙ

**На первом** этапе моделируется процесс зарождения когнитивных структур химических знаний, вводятся самые общие, существенные понятия, составляющие каркас химии как науки. Происходит первичная адаптация структур иного по специфике предметного характера к методам решения химических задач.

Изучая тему «Философское представление о мире», школьники знакомятся с основными критериями и методами научного познания, его особенностями. Рассматривая тему «Фрагменты истории химии как науки», учащиеся в историческом аспекте открывают действие принципа системной дифференциации. Первоначально химические знания были диффузны, отрывочны, изучались в рамках различных наук (философии, медицины и др.), потом происходит объединение (интеграция) разрозненных химических знаний, определяется предмет химии как науки, разрабатываются специфические методы исследования. В результате анализа многочисленных фактов, явлений выдвигаются первые гипотезы, разрабатываются теории, открываются законы. Затем, на новом витке развития, происходит дальнейшая дифференциация химических знаний, и уже в рамках химии появляются новые отрасли химического знания (фармацевтическая химия, космическая химия, физическая химия, коллоидная химия, агрохимия и др.). Формируется образ химии, как науки, образ ученого-химика. Подчеркивается, что основная задача химии — помочь человечеству в решении глобальных проблем современности. Рассматривая жизнь и деятельность выдающихся химиков, обращается внимание не только на научные открытия ученых, но и какими они были, что привлекло их к изучению данной науки и что помогло совершить им открытия. Образ химии неразрывно связан с формированием своеобразного эстетического чувства (своеобразный «эстетический инстинкт»), чув-

ства красоты и изящества, гармонии химических превращений. Вероятно, поэтому великий ученый химик А. фон Гофман писал: «Химия — такая же прекрасная, как поэзия, неисчерпаемая, как шедевры искусства».

Существенным моментом усвоения знаний по химии является большое количество лабораторных работ, во время которых происходит накопление практических сведений и навыков, развитие структур обеспечивающих более тонкое «ощущение материи» («чувство вещества»), формирование структур отражающих в самой общей форме фундаментальные принципы науки (существование противоположностей, сохранение материи, пропорциональность). Школьники знакомятся с основными понятиями химии (вещество, способность веществ к взаимопревращениям, свойства вещества, явление, элемент, атом, простое и сложное вещество, агрегатное состояние, связь) и учатся выделять признаки, описывающие конкретные химические категории. Очевидно, такое концентрированное и опережающее введение понятий еще не приводит к их полноценному усвоению. Однако ценность такого подхода обуславливается тем, что при этом у школьника возникает целостное и принципиально правильное представление об изучаемом предмете, его состоянии и проблемах. Благодаря такому подходу в сознании школьников формируется образ—каркас химических знаний, который в дальнейшем будет последовательно дифференцироваться, и на который поэтапно будут нанизываться более частные теоретические и эмпирические знания, а также конкретные примеры их подтверждающие.

Затем проводится работа по четкому, постепенному разграничению в познании учащихся разных признаков изучаемых веществ, свойств соединений, и явлений. Изучение тем начинается с предъявления чувственного и наглядного материала. Проводится большое число практических работ. Школьники с удивлением и восторгом, рассматривая различные вещества, обнаруживают, что вещество бывает «химически чистое», а может быть представлено в виде смесей и каждое химически чистое вещество характеризуется определенными физическими свойствами (цвет, агрегатное состояние, запах, плотность и т. д.). Смеси бывают однородными (если невозможно даже под микроскопом рассмотреть компоненты системы) и неоднородными. В зависимости от того, какая это смесь, и какими физическими свойствами обладают вещества, ее образующие, то можно разделить систему на отдельные компоненты теми или иными физическими методами. Начинает формироваться целостная комплексная струк-

тура, которую метафорически можно назвать «химические руки». Первоначальные действия учащихся неловки, отмечается некоторая нескоординированность, неорганизованность действий, школьники часто заостряют свое внимание на второстепенных, несущественных моментах, фиксирование результатов практических работ неполное, расплывчатое.

Формирование специфических химических структур количественных отношений начинается с усвоения самого общего — принципа количественных отношений между компонентами системы. Химические взаимодействия между компонентами системы еще не рассматриваются. Если у школьников не сформированы необходимые для изучения химии соответствующие математические структуры, то возникают серьезные трудности. Поэтому целесообразно провести коррекцию данных структур или актуализировать имеющиеся знания. Сначала решаются простые задачи, в которых отчетливо выделены все компоненты задач — данные и искомые. Но затем постепенно вводятся задачи, текст которых имеет все более и более сложную конструкцию, затрудняющую выделение условия и вопроса, задачи с неполными или избыточными данными, имеющие несколько альтернативных решений.

Далее учащиеся приступают к ознакомлению с практическими методами и приемами приготовления различных растворов, изучением их свойств и применение полученных знаний для решения конкретных задач (например, изучение растворимости соли и приготовление насыщенного раствора для выращивания кристаллов из раствора). Практическая деятельность школьников становится более организованной, целенаправленной. Ребята начинают выделять основные компоненты исследовательской деятельности. Полученные во время практической работы факты и различного рода эмпирический материал начинает воспроизводиться учащимися в особых знаково-символических, предметных или графических изображениях-моделях, позволяющих изучать и анализировать существенные свойства данного объекта, явления в чистом виде.

В данном случае теория предшествует практической деятельности: результаты же осуществленной деятельности подтверждают и конкретизируют предварительно осознанное то или иное всеобщее теоретическое отношение.

Дальнейшее изучение неорганических веществ по программе «Когнитивное обучение на уроках химии» продолжается с усвоения школьниками самых общих понятий об атомах, молекулах, элемен-



тах, химических формулах, классах неорганических веществ. Важной особенностью изучения неорганических веществ является то обстоятельство, что формулы различных классов неорганических соединений вводятся не последовательно, один за другим, но на определенном отрезке работы все сразу. Дифференциация первичных глобально-качественных суждений о различных классах неорганических веществ осуществляется по нескольким взаимосвязанным направлениям. Во-первых, учащиеся, определяя качественный состав веществ, начинают различать простые и сложные вещества: вещество, состоящее из атомов одного элемента — простое, из атомов нескольких элементов — сложное. Во-вторых, различая не только качественный, но и количественный состав, школьники начинают выделять элементы и группы элементов, характерные для определенных классов неорганических веществ. Например, если вещество состоит из двух элементов, один из которых кислород, то это — оксид ( $\text{CrO}_3$ ,  $\text{CrO}$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{BeO}$ ). К основаниям относят соединения, состоящие из металла и гидроксогруппы ( $\text{KOH}$ ,  $\text{Cu(OH)}_2$ ,  $\text{Fe(OH)}_3$ ), к солям — из металла и кислотного остатка, к кислотам — из водорода и кислотного остатка ( $\text{H}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SiO}_3$ ). В-третьих, вводятся «конфликтные ситуации», когда в состав различных классов неорганических соединений входят характеристические элементы или группы атомов другого класса. Например, гидроксогруппу можно увидеть в органических кислотах ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ), в основных солях  $\text{Fe(OH)Cl}_2$  и основаниях ( $\text{Ca(OH)}_2$ ). После того, как сформировано представление об основных классах неорганических веществ, учащиеся приступают к дальнейшему выделению признаков, позволяющих классифицировать оксиды на кислотные, амфотерные и основные; соли — на средние, кислые, основные, двойные и смешанные и т. д. То есть становление понятий о классах неорганических соединений осуществляется от глобального или суперординарного (простое или сложное вещество) к среднему или базовому (классы неорганических веществ — оксиды, кислоты, соли, основания) и затем к детализированному или субординарному уровню в иерархии категорий. Параллельно с процессом дифференциации первоначально нерасчлененного знания о классификации неорганических веществ, школьники учатся кодировать качественный и количественный состав соединений при помощи химических знаков, индексов и коэффициентов. Для этого учащимся вводятся чисто формально понятия степень окисления и валентность, как числа, с помощью которых можно составить формулы химических соединений. Завершается данный этап формирования когнитивных структур хими-

ческих знаний о простых и сложных веществах практической работой по изготовлению коллекций различных веществ и решением вычислительных задач по формулам соединений. Содержание коллекций может быть самым разнообразным в зависимости от профиля школы, склонностей и интересов учащихся, например, «Простые и сложные вещества, используемые в быту», «Неорганические красители», «Лекарственные препараты», «Минералы и горные породы Свердловской области» и т. д. Учащиеся, рассматривая качественный и количественный состав веществ, определяют класс данных соединений, изучают по литературным источникам функции данных элементов в природе и их воздействие на живые организмы. Сравнивая алгоритмы решения задач на растворы (в которых нет химического взаимодействия) и вычислительные задачи по формулам соединений, учащиеся приходят к открытию, что вещества реагируют между собой не в любых, а в строго определенных количественных отношениях. Таким образом, происходит дальнейшее уточнение первоначально исходного целого представления о количественном отношении между компонентами системы применительно к химической форме движения материи.

Одновременно с формированием представления о веществе, учащиеся знакомятся с химическими явлениями, для этого они выделяют существенные признаки явления, формулируют определение и усваивают его логическую структуру. Разнообразные практические занятия с веществом ведут к формированию предвосхищающих схем, подготавливающих учащихся к восприятию и анализу не только состава и строения вещества, но и всей кинетической системы в целом. Но представления учащихся о химических явлениях и превращениях еще диффузные, глобальны. Более дифференцированное восприятие данного понятия сформируется у учащихся при изучении темы «Химический процесс».

Последовательное выявление и постановка проблем при изучении курса химии, соответствующих логике развития химических знаний (почему не любое смешивание веществ приводит к взаимодействию, за счет каких сил атомы соединены друг с другом и т. д.), способствует формированию структур, направленных на мир химических взаимодействий.

**На втором** этапе организуется деятельность учащихся по системной дифференциации обобщенного знания. На примере изучения предпосылок и основных этапов развития периодического закона и периодической системы Д. И. Менделеева в историческом аспекте прослеживается действие принципа системной дифференциа-

ции. Учащиеся приобретают более четкое представление о системе. Анализ закономерностей, отраженных в Периодической таблице, позволяющих на основании состава и строения вещества, предсказывать его свойства, способствует зарождению структур качественно-количественных отношений химии. Эти отношения определяются положением элемента в общей иерархии элементов, связями, который данный элемент образует с другими элементами, взаимным влиянием атомов в соединениях, спецификой пространственного строения, а также влиянием всей системы в целом. Подлинное познание каждого элемента химического знания все время прогрессирует по мере овладения другими, последующими элементами предмета и осознания соответствующего целого вплоть до конца учебного курса. Формально введенные на ранних этапах обучения понятия степень окисления, валентность, связь, строение и др. приобретают свое конкретное содержание.

**На третьем** этапе формируются когнитивные структуры, ориентированные на анализ и синтез задач различных типов, алгоритмов их решения. Важной особенностью является то обстоятельство, что химические свойства различных классов неорганических веществ изучаются не последовательно, как это принято в традиционной системе обучения, а выводятся все сразу на основе качественного и количественного анализа состава вещества и исходя из общих принципов: катион замещается катионом (или анион замещается анионом), положительный соединяется с отрицательным, окислитель реагирует с восстановителем, более сильный вытесняет более слабого, более активный — менее активного (и др.).

Первоначально, на основе экспериментального опыта, учащиеся знакомятся с понятиями электролиты и неэлектролиты, электролитическая диссоциация. Понятие о химическом процессе еще весьма смутны, расплывчаты. Учащиеся оттачивают свои навыки составлять формулы, соединяя катионы и анионы, и писать уравнения электролитической диссоциации. В результате выполнения этих заданий учащиеся получают представление о своеобразном «каркасе» химических процессов. Поэтому, рассматривая химические свойства различных классов неорганических соединений, мы вначале представляем проблему в абстрактном виде, схематически. Дальнейшая конкретизация, уточнение и осознание изучаемых химических процессов учащимися направлены на постепенное заполнение промежутков в этом «каркасе» и происходит с опорой на чувственный и наглядный материал во время практических и лабораторных работ при исследовании различных

неорганических веществ. Изучение химических процессов по данной программе сильно растянуто во времени, это дает школьникам возможность глубоко осознать принципы химических взаимодействий. А результатом этого является формирование хорошо расчлененной когнитивной схемы, репрезентирующей систему химических взаимодействий с ее иерархическим строением и генетическими связями между классами неорганических веществ.

**На четвертом этапе** задается модель деятельности учащихся по применению обобщенных знаний и умений для анализа конкретных фактов, явлений, тем самым осуществляется интеграция через дифференциацию и конкретизацию, реализуется переход от информационно-деятельностного к продуктивно-творческому уровню обучения. Суть такого изучения заключается в следующем: учащиеся, используя обобщенные приемы умственной деятельности и сложившиеся когнитивные структуры репрезентации химических знаний (первоначально под руководством учителя), пытаются предсказать свойства конкретных веществ (периода или группы), выявить основные закономерности изменения этих свойств, выяснить причины различий, а затем сравнивают с литературными источниками или пытаются проверить экспериментально. Анализируют и, если прогноз не совпадает с реальностью, то выясняют почему, в чем была допущена ошибка, какие когнитивные структуры предметных знаний недостаточно развиты (что не усвоил). Таким образом, основная функция учителя – это организации учебного процесса. Ученик становится не объектом, а субъектом учебной деятельности и учителю приходится все время обновлять свой научный потенциал.

**Пятый этап** связан с применением полученных знаний для построения экологически чистых химических технологий по производству народно-хозяйственных продуктов. Анализ существующих технологий с точки зрения экологии, экономики, энергетики. Первоначальное восприятие технологического процесса учащимися поверхностно, глобально. При анализе различных производств у школьников начинают формироваться производственно-технологические структуры. Учащиеся начинают выделять цель процесса; его народно-хозяйственное значение; схему процесса; законы и явления, лежащие в основе данного процесса и др.

Организация учебной деятельности, опирающаяся на такие методические принципы как самостоятельность, работа на высоком уровне трудности, освоение теоретических понятий ведет не только к интеллектуальному развитию, но и к развитию личностных качеств

учащихся, таких как воля, познавательная мотивация. Для формирования самостоятельности, а также общеучебных умений работы с литературными источниками, целесообразны приемы предварительного, самостоятельного изучения учебного материала учащимися, «рецензирование ответа» и научная дискуссия (как форма творческого развития учащихся). Суть данных приемов обучения состоит в том, что школьники предварительно самостоятельно знакомятся с параграфом учебника и составляют развернутый план-конспект в табличной форме или граф-схемы и т. д., в зависимости от содержания материала, при необходимости, привлекают дополнительные источники. Рецензирование формирует умения «сворачивать» услышанную информацию (свернутость – развернутость знаний), выявлять систему понятийных отношений (глубина знаний), рассматривать различные точки зрения на исследуемую проблему (гибкость знаний), оценивать ответ по следующим критериям: 1) полнота изложения (все ли структурные элементы знания выявлены, правильно ли определена система понятийных отношений, если нет — то дополнить, исправить и обосновать); 2) использование дополнительного материала; 3) культура речи (стиль, оригинальность, образность, эмоциональность, научность). Под руководством учителя школьники учатся добывать знания, аргументировано спорить, вести научные дискуссии. Функция преподавателя — направление и, при необходимости, коррекция учебного процесса, разработка системы заданий и оценка результативности процесса. Следует отметить, что обучение по программе «Когнитивное обучение на уроках химии» предъявляет серьезные требования к учителю: педагог не просто должен знать материал учебников по химии и смежным предметам, у него самого должны быть сформированы, т. е. тонко дифференцированы и интегрированы когнитивные структуры химических знаний, диалектический тип мышления.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для оценки эффективности данной программы был проведен пилотажный, а затем формирующий эксперимент, в котором приняли участие подростки школы № 58, обучавшиеся ранее только по традиционным методикам и программам. В качестве контрольного класса выступили подростки школы № 5, занимавшиеся по программе развивающего обучения «Экология и диалектика природы» Л. В. Тарасова [Волкова 2006].

Как и следовало ожидать, на начало исследования процесса формирования когнитивных структур репрезентации химических знаний, учащиеся экспериментального класса в целом и при делении на группы по академической успеваемости и успеваемости по химии, почти по всем показателям умственного развития и показателям способности к усвоению химических знаний отставали от соответствующих групп контрольного класса. Различия достигали статистической значимости как по результатам выполнения теста Д. Векслера, теста Дж. Равена и теста Г. Уиткина, так и по показателям предметных (химия) способностей: успеваемость по химии, сохранение сложной и общей информации в долговременной памяти, химические дифференцировки — сложная (время и число ошибок), сложнейшая (число ошибок).

По завершению формирующего эксперимента были выявлены более высокие темпы развития общих способностей учащихся экспериментальной выборки, которые по ряду показателей не только догнали, но и превзошли учащихся контрольной группы. Это подтверждается результатами выполнения тестов Дж. Равенна, Г. Уиткина, Д. Векслера.

Анализ динамики изменений интеллектуальных способностей у учащихся экспериментальной выборки показал, что изменения в характере умственной деятельности наблюдаются как по вербальным, так и по невербальным интеллектуальным показателям, в то время как у учащихся контрольной выборки качественные изменения в характере умственной деятельности произошли преимущественно по вербальным интеллектуальным показателям.

Учащиеся экспериментального класса также превзошли уровень развития способностей к усвоению химических знаний учащихся контрольной группы. Более того, если у учащихся экспериментального класса наблюдается рост, то у подростков контрольной группы обнаружена тенденция снижения информационной емкости как простых, так и сложных предметных знаний.

У лучше успевающих по химии учащихся экспериментальной группы практически по всем показателям предметных способностей были выявлены более высокие результаты, чем у подростков контрольной выборки, и эти различия достигли статистической значимости. Хуже успевающие учащиеся экспериментальной группы практически по всем предметным показателям достигли результатов предметных способностей учащихся контрольной группы.

Корреляционный анализ показателей предметных способностей выявил высокую степень интегрированности предметных знаний у

учащихся экспериментального класса (64,9 % — значимых связей) по сравнению с учащимися контрольного класса (17,5 %). Согласно данным корреляционного анализа показателей предметных способностей с когнитивной дифференцированностью химических знаний, можно отметить, что у учащихся экспериментального класса более высокий уровень дифференцированности и интегрированности предметных знаний, чем у учащихся контрольного класса.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как показали наши исследования, организация обучения учащихся только по традиционным программам менее эффективна, чем по развивающей программе «Экология и диалектика природы» Л. В. Тарасова. Традиционные программы обучения на сегодняшний день отстают от запросов общества. Однако, организация учебного процесса по программе «Когнитивное обучение на уроках химии» более эффективна, чем по программе «Экология и диалектика природы». Это подтверждается как меньшими временными затратами на изучение предмета, так и более высокой динамикой роста показателей интеллектуальных способностей, показателей зрелости когнитивных структур химического познания.

По-видимому, преподавание химии в школах различного профиля должно отличаться не столько структурными компонентами предметных знаний, сколько содержанием, приемами и методами изучения научных дисциплин в зависимости от индивидуальных особенностей, интересов и склонностей учащихся. Когнитивные структуры как инварианты, отражающие содержание и структуру современных научных знаний должны быть едины для школ различного профиля и именно они, а не перечень конкретных знаний, умений и навыков по предмету, должны быть выявлены и зафиксированы в стандарте образования.

В нашем исследовании получены убедительные данные, что представление о когнитивных структурах как носители свойств субъекта и принцип системной дифференциации могут и **должны стать** «компасом» для разработки и психолого-педагогического анализа программ, технологий, стандартов школьного обучения, так как позволяет:

- 1) понять и прогнозировать процессы развития, вызываемые к жизни ходом школьного обучения;

- 2) организовать последовательность введения новых знаний в соответствии с логикой развития когнитивных структур предметных знаний;

3) планировать зону ближайшего развития — зону ближайших возможностей дифференциации и интеграции когнитивных структур, непосредственно вытекающих из достигнутого, актуального уровня их расчлененности и интегрированности;

4) управлять процессами развития и формирования предметных способностей;

5) разрабатывать стандарты, технологии, учебные пособия, формы и методические приемы организации образовательного процесса для школ различного типа;

6) проводить своевременную коррекцию когнитивных структур репрезентации предметных знаний.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Волкова 2006 — *Волкова Е. В.* Формирование когнитивных репрезентативных структур в процессе изучения химии в школе // Вопросы психологии. 2006. № 2. С. 37—49.
- Выготский 1991 — *Выготский Л. С.* Педагогическая психология / Л. С. Выготский. М.: Педагогика, 1991. С. 13.
- Давыдов 2000 — *Давыдов В. В.* Виды обобщения в обучении: логико-психологические проблемы построения учебных предметов / В. В. Давыдов. М.: Педагогическое общество России, 2000.
- Журин 2007 — *Журин А. А.* Парадоксы обучения химии в современной школе // Химия в школе. 2007. № 9. С. 2.
- Коменский 1989 — *Коменский Я. А.* Великая дидактика. Всеобщего совета об исправлении дел человеческих / Педагогическое наследие / Сост. В. М. Кларин, А. Н. Дуринский. М.: Педагогика, 1989. С. 11—136.
- Спенсер 2003 — *Спенсер Г.* Воспитание: умственное, нравственное и физическое / Пер. с англ.; Сост. и отв. ред. Г. Б. Корнетов. М.: Изд-во УРАО, 2003.
- Чуприкова 2007 — *Чуприкова Н. И.* Умственное развитие: Принцип дифференциации / Н. И. Чуприкова. СПб.: Питер, 2007.