

Деркач А.М., преподаватель, заведующий лабораторией химии Санкт-Петербургского колледжа холодильной промышленности

## ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ДИДАКТИЧЕСКИХ ИНВАРИАНТАХ К ПОСТРОЕНИЮ СОДЕРЖАНИЯ ХИМИЧЕСКИХ УЧЕБНЫХ ДИСЦИПЛИН

На современном этапе модернизации педагогического процесса в учреждениях среднего профессионального образования (СПО) стоит задача сообщения относительной гибкости технологическому и методическому воплощению содержания обучения. При этом требования к *минимуму* знаний, умений и навыков, формируемых в результате изучения данной учебной дисциплины, остаются относительно стабильными. В этой связи открывается возможность применения представлений о *дидактических инвариантах* как к отбору содержания и построению курса учебной дисциплины (на проектировочном этапе с учетом обязательного минимума), так и к совершенствованию уже имеющегося содержания и процесса его реализации. На настоящий момент в вузах в таких случаях довольно часто применяется построение графов (С.И. Архангельский, В.А. Трайнев и др.). Однако, по нашему мнению, в учреждениях СПО параллельно с выявлением оптимальной структуры учебной информации должен быть решен вопрос о ее достаточности (в плане как минимума, так и максимума). То есть, с одной стороны, о соответствии минимуму требований Государственного образовательного стандарта, а с другой – о соответствии изменчивым требованиям производственной сферы. Связано это прежде всего с тем, что функционируют в деятельности специалиста среднего звена в основном умения и навыки, а знаниям как таковым отводится вторичная, обобщающая и координирующая роль. Однако *знания, формируемые на начальном этапе обучения* (в результате изучения в основном общепрофессиональных дисциплин), как раз и служат основой для последующей выработки *профессионально значимых* умений и навыков. Под ними мы понимаем знания (умения и навыки), выявляемые в структуре профессиональной деятельности, по крайней мере, у 50% специалистов соответствующей данной ступени обучения квалификации в данной отрасли.

Из современных теорий, направленных на оптимизацию содержания учебных дисциплин, стоит упомянуть логико-информационную теорию обучения, разработанную Б.И. Федоровым [14]. Она учитывает роль элементарных логических приемов в реализации описательной, объяснительной и прогностической функций научного знания в учебном процессе [14, 18]. В этой связи Б.И. Федоров рассматривает знания как языковые сообщения, используемые

человеком в своих целях [14, 178]. Однако несмотря на несомненную действенность упомянутой теории она не учитывает ни внутреннюю специфику учебной дисциплины (а значит и специфику знаний из данной области), ни специфику знаний, необходимых в профессиональной деятельности, когда их структура не вполне логична, то есть когда содержание учебной дисциплины представляет совокупность фактической информации, которая все же подчинена некоей логике. К примеру, Дж. Брунер подчеркивает, что изучаемую дисциплину можно рассматривать как определенный способ мышления о соответствующих явлениях [1, 389].

Б.В. Румянцев [10] рассматривает в качестве теоретического фундамента построения курса органической химии теорию поэтапного формирования умственных действий П.Я. Гальперина. На наш взгляд, устранить отрывочность и некоторую разрозненность построения курса химии теория поэтапного формирования умственных действий в методическом плане может, но в целом содержания курса она по специфике своей не способна заметно затронуть [4, 267–272].

Ю.М. Волкова [3] анализирует подходы к минимизации содержания общего среднего образования. Констатируется, что декларативно заявляемая минимизация содержания образования представляет собой лишь минимизацию формулировок самих стандартов. Логика же построения содержания учебного предмета на основе принципа минимизации, по мнению В.М. Волковой, требует предельного обобщения учебного материала, отказа от мелких и несущественных связей, поиска способов согласования содержания курса с ведущими идеями других естественнонаучных предметов.

М.Н. Скаткин [11] проводит обзор работ (Н.Ф. Талызина, И.Я. Лернер, С.Г. Шаповаленко и др.), касающихся оптимизации содержания учебной дисциплины при построении учебников. Там же фигурирует и некий «инвариант», не получивший своего понятийного оформления.

Е.И. Тупикин указывает, что элементарной дидактической единицей или элементарным учебным элементом в предметах

естественнонаучного цикла является определение понятия, научный факт, простая характеристика явления и т.д., сущность которого можно раскрыть ответом на один вопрос, например, «атом» (понятие), «химия» (понятие), «закон сохранения массы веществ» (формулировка), и другие; она (он) является наименьшей структурой содержания образования [13].

Выявление новых путей совершенствования содержания учебной дисциплины (в том числе и с использованием представления о дидактических инвариантах) оправдано существующими *противоречиями* между:

- тенденциями к минимизации содержания многих учебных дисциплин и общей нацеленностью современного образования на получения качественных, действенных системных знаний;

- тенденциями к совершенствованию форм получения образования (заочная, дистанционная, экстернат) и большим информационным объемом учебных дисциплин;

- накоплением новых научных фактов, необходимостью их отражения в учебной дисциплине и устоявшимся содержанием учебной дисциплины и процесса его реализации;

- необходимостью формирования у учащихся умения выделять главное в учебном материале и трудностью выявления различий между главным и второстепенным учебным материалом.

*Дидактический инвариант* – это минимальный набор информационно-смысловых единиц, обеспечивающий формирование и целостность дидактической единицы. *Дидактический инвариант курса химии* – это минимальный набор информационно-смысловых единиц, относящихся к данной науке, обеспечивающий формирование и целостность дидактической единицы в рамках курса химии как учебной дисциплины [6]. Число информационно-смысловых единиц в составе дидактической единицы не может превышать их число в составе соответствующего дидактического инварианта.

Часто под инвариантной частью учебной дисциплины понимают некую неизменяемую часть учебной дисциплины, ее обязательный минимум. Однако это суждение не до конца верно, так как нормативно закреплённый

минимум не всегда является по сути своей минимумом, то есть и из него можно что-то удалить фактически без ущерба для понимания учащимися остального материала в процессе реализации этого содержания на практике (*гибкость системы*). Может случиться так, что к этому нормативно закрепленному минимуму вообще не может быть применено понятие «учебная дисциплина (предмет)», так как при реализации этот минимум оказывается всего лишь совокупностью фактов, не дающих возможности построения их в логике.

Для рассмотрения приложения представлений о дидактических инвариантах к отбору и построению содержания учебной дисциплины (или к оптимизации существующего) необходимо рассмотреть и проанализировать ряд понятий.

*Система* – объединение множества элементов, за счет связей друг с другом образующих единство и целостность и в связи с этим обладающих качествами, которые не были присущи элементам в отдельности. *Структура системы* – последовательность элементов, составляющих систему. Под *свойствами системы* мы будем понимать такие ее характеристики, которые определяются ее составом.

О.С. Зайцев отмечает, что удаление из системы хотя бы одного составляющего ее элемента приводит к разрушению системы или к превращению ее в другую систему [7, 30]. Но в то же время нельзя не согласиться с тем, что если система состоит из очень большого числа элементов, то удаление, добавление или перестановка одного или нескольких элементов не всегда приведет к *заметному изменению* рассматриваемого нами свойства системы. Поэтому в нашем случае мы должны ввести определение гибкости системы. *Гибкость системы* – это ее свойство, определяемое числом тех структурных элементов, которые могут быть удалены, добавлены или переставлены без заметного изменения рассматриваемого свойства системы.

Одна из идей использования системного подхода в построении курса учебной дисциплины (и, в частности, химии) состоит в том, что эта дисциплина по фундаментальной науке

рассматривается как система, в общих чертах повторяющая систему самой науки и ее связи с другими науками [7, 30].

Вслед за М. Васелевски [2, 60–62] мы рассматриваем науку химию и химическое образование как системы, а химию как учебную дисциплину и процесс обучения – как более частную подсистему и как подсистему химического образования. Так раскрывается существующая иерархия между системообразующими компонентами и их дидактическим отражением. Химия как учебная дисциплина рассматривается нами как система логически взаимосвязанных дидактических инвариантов, которая характеризуется числом этих инвариантов, их последовательностью и гибкостью. В качестве базисной основы курса химии (в учреждениях СПО – дисциплин «Химия», «Органическая химия» и др.) выступают взаимосвязанные между собой системы химических понятий о веществе, химической реакции и химической технологии [12, 15], которые являются дидактическим отражением системообразующих компонент. При этом *системообразующие компоненты* – это теоретические положения науки, которые не только задают последовательность дидактических инвариантов в содержании учебной дисциплины, но и определяют общую логику построения учебной дисциплины, а также ее информационный объем. Сгруппированы, как и дидактические единицы, инварианты могут быть одним или несколькими способами, причем одинаково правильно.

Системность информации, ее нахождение в содержании различных дисциплин отражают *межпредметные (в нашем случае – междисциплинарные), связи*. В этом отношении понятия о *системном* и *интегративном* знаниях несколько противоречат друг другу. О.С. Зайцев указывает, что «межпредметные связи воплощаются в *системности знаний* учащихся, что указывает на связь принципа межпредметных связей с принципом системности» [7, 15]. *Интеграция* же предполагает процесс объединения разобщенных компонентов.

М.С. Пак применительно к обучению химии выделяет ключевые моменты становления целостности. По ее мнению, существование

объективных предпосылок (онтологических, гносеологических, социально-практических) приводит к появлению целостного образования. Формами его могут быть межпредметные связи, конгломерация или синтез знаний и способов деятельности в пределах одного учебного предмета [8, 241]. Поэтому в процессе формирования знаний (умений, навыков) по химии мы вслед за Дж. Брунером [1, 370] выделим следующие взаимодополняющие друг друга этапы:

1. Формирование химических знаний – процесс передачи и восприятия информационно-смысловых единиц, содержащихся в совокупности дидактических инвариантов курса химии, с отражением информации в человеческой памяти (у Дж. Брунера – получение новой информации);

2. Интеграция химических знаний – формирование интегративных знаний (у Дж. Брунера – приспособление информации к решению новых задач);

3. Систематизация химических знаний – формирование системных знаний и рефлексия собственной учебной деятельности (у Дж. Брунера – проверка степени адекватности применяемых способов обращения с информацией).

Заметим, что в принципе то же самое можно отнести и к системе умений и навыков.

По мере перехода к интегративному, а затем и к системному знанию не только происходят качественные преобразования, но и расширяется возможность применения этого знания (в том числе для рефлексии собственной учебной деятельности на основе ее результатов). Это связано с тем, что системность информации предполагает то, что при изучении различных дисциплин рассматриваются одни и те же объекты, совокупность свойств которых разбивается на отдельные блоки элементов. Эти блоки включаются в содержание различных дисциплин. При их изучении происходит *формирование, интеграция и систематизация* знаний о рассматриваемом объекте (реальном или воображаемом). Таким образом, этот процесс является замкнутым. Для того чтобы с помощью знаний можно было преобразовать рассматриваемый объект путем

оказания на него влияния, знания должны быть системными, то есть отражать целостные свойства объекта как упорядоченного множества.

Интегративное знание описывается совокупностью сформированных у учащегося понятий, ранее заключенных в набор дидактических инвариантов. Частным случаем интегративного знания является знание *системное*, которое описывается не набором, а системой дидактических инвариантов. Различия в свойствах интегративного и системного знания определяются свойствами системы как *упорядоченного* множества элементов.

При выделении дидактического инварианта в составе дидактической единицы нами учитывается то, что:

- в основе дидактической единицы лежит системообразующий компонент (теоретическое положение науки);

- инвариантная часть учебной дисциплины представлена *системой* дидактических инвариантов;

- все информационно-смысловые единицы внутри дидактического инварианта образуют систему;

- приобретение знаний учащимися обусловлено возможностью их дальнейшего применения.

Для определения совокупности информационно-смысловых единиц дидактической единицы, формирующих дидактический инвариант (или в более общем случае – инвариантной части учебной дисциплины), нами предлагается следующий алгоритм (схема 1):

Данный алгоритм позволяет оформить в единое целое инвариантную и вариативную части учебной дисциплины.

Выделение этапов в процессе формирования знаний (умений, навыков) по химии приводит к классификации *методов обучения*. Само понятие «метод обучения» не имеет четкого определения. В качестве рабочего прием приведенное у М.С. Пак определение *методов обучения химии* как способов достижения целей и задач обучения посредством определенным образом упорядоченной деятельности учителя и учащихся [8, 71].

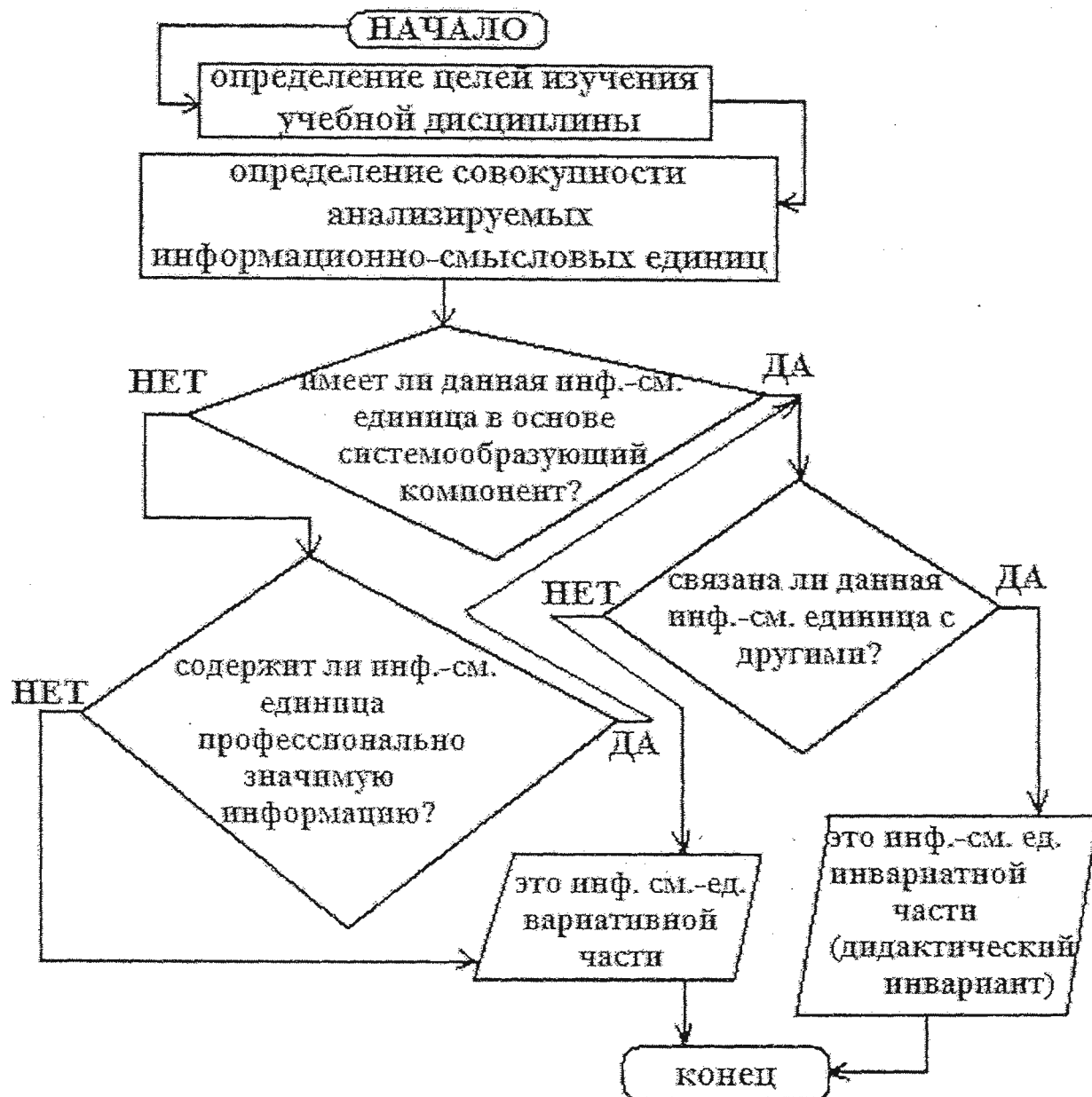


Схема 1. Алгоритм определения совокупности информационно-смысловых единиц

Можно выделить три группы методов обучения химии, направленных:

- 1) на формирование знаний по химии;
- 2) интегрирование знаний по химии;
- 3) систематизацию знаний по химии.

При этом мы исходим из существующей взаимосвязи между знаниями, умениями и навыками и их неделимости в процессе реальной человеческой деятельности. Проанализируем на основе предложенного алгоритма выдержку из действующей примерной программы общепрофессиональной дисциплины «Органическая химия» [9]. Системообразующими компонентами курса являются:

- периодическая система химических элементов и Периодический закон Д.И. Менделеева;
- теория химического строения А.М. Бутлерова;
- представление об электронных эффектах (мезомерном и индуктивном);
- гипотеза Л. Полинга о гибридизации электронных орбиталей в атоме.

*Шаг 1.* Определим всю анализируемую совокупность информационно-смысловых единиц (в данном случае это содержание темы 2.5. «Азотсодержащие соединения»).

Нитросоединения: строение молекул, свойства, применение.

Амины: классификация, физические и химические свойства, получение.

Карбамид: его свойства и применение.

Аминокислоты, строение молекул, определение, классификация, номенклатура, их распространение в природе, химические свойства аминокислот. Амфотерный характер аминокислот, отношение к нагреванию, реакция меланоидинообразования. Биполярный ион.

Заменимые и незаменимые аминокислоты, их значение в технологии переработки продовольственных продуктов. Пептиды, их значение, образование пептидных связей. Влияние состава и содержания аминокислот на биологическую ценность пищевых продуктов.

*Шаг 2.* Определяем, какая информация относится к системообразующим компонентам курса (выделим курсивом), выявим профессионально значимую информацию (подчеркнем):

*Нитросоединения: строение молекул, свойства, применение.*

*Амины: классификация, физические и химические свойства, получение.*

*Карбамид: его свойства и применение.*

*Аминокислоты, строение молекул, определение, классификация, номенклатура, их распространение в природе, химические свойства аминокислот. Амфотерный характер аминокислот, отношение к нагреванию, реакция меланоидинообразования. Биполярный ион.*

Заменимые и незаменимые аминокислоты, их значение в технологии переработки продовольственных продуктов. Пептиды, их значение, образование пептидных связей. Влияние состава и содержания аминокислот на биологическую ценность пищевых продуктов.

*Шаг 3.* На основе обзора курса в целом (в данном случае – анализа примерной программы) выявим, какие информационно-смысловые единицы не связаны с другими информационно-смысловыми единицами (этой темы и других тем, как предыдущих, так и последующих). Выделим **жирным** шрифтом:

*Нитросоединения: строение молекул, свойства, применение.*

*Амины: классификация, физические и химические свойства, получение.*

*Карбамид: его свойства и применение.*

*Аминокислоты, строение молекул, **определение**, классификация, номенклатура, **их распространение в природе**, химические свойства аминокислот. Амфотерный характер аминокислот, отношение к нагреванию, реакция меланоидинообразования. Биполярный ион.*

Заменимые и незаменимые аминокислоты, их значение в технологии переработки продовольственных продуктов. Пептиды, их значение, образование пептидных связей. Влияние состава и содержания аминокислот на биологическую ценность пищевых продуктов.

Видим, что выпадают из общей логики построения курса вопросы, касающиеся нитросоединений, физических свойств аминов, определение аминокислот, распространение их в природе. Так как карбамид широко применяется в пищевом производстве и в качестве

кормовой добавки, то эта информация, очевидно, не может быть выпущена из содержания. Потому построение этой части должно быть несколько иным в соответствии с целями изучения общепрофессиональной дисциплины «Органическая химия» [5]. Что касается нитросоединений, то, на взгляд автора статьи, изучение этих вопросов в объеме, предложенном примерной программой, объективно излишне, так как нитросоединения рассматриваются лишь в начале курса при изучении алканов (реакция Коновалова). В дальнейшем нитросоединения как таковые не изучаются, за исключением упоминания нитрокетчатки и подобных соединений. Поэтому рассматривать строение и свойства нитросоединений, семиполярную химическую связь в нитрогруппе явно излишне.

Говоря о строении аминокислот, нельзя не упомянуть о биполярном ионе как о форме существования их молекул. Говоря о химических

свойствах аминокислот, нельзя обойти их амфотерную природу. Говоря о классификации аминокислот, естественно вводится понятие о заменимых и незаменимых аминокислотах. Отдельно акцентирование внимания на этих вопросах предполагает, что они вроде как должны изучаться отдельно. Но это противоречит логике химических знаний, переходу «состав-строение-свойства-применение». Кроме того, пептиды рассматриваются обычно вместе с белками, в последующих разделах курса органической химии. В данном случае будет иметь место повтор, совершенно не нужный – можно ограничиться рассмотрением образования пептидных связей.

*Шаг 4.* Преобразуем содержание данной темы, выделив его инвариантную часть, которая базируется на информационно-смысловых единицах, имеющих в основе системнообразующие компоненты:

#### Понятие о нитросоединениях.

Амины и амиды: классификация, физические свойства, получение, сходство и различие химических свойств. Карбамид.

Аминокислоты: строение молекул (биполярный ион), классификация, номенклатура, химические свойства аминокислот. Отношение аминокислот к нагреванию, реакция меланоидинообразования, образование пептидных связей.

Заменимые и незаменимые аминокислоты в природе и в пищевой технологии. Влияние состава и содержания аминокислот на биологическую ценность пищевых продуктов.

Нами выделен дидактический инвариант в составе дидактической единицы (тема «Азотсодержащие соединения»).

Таким образом, придерживаясь приведенного выше алгоритма и рассуждений в плане логики построения дисциплины и ее целей, можно заметно сократить ее содержание путем выделения инвариантной части как совокупности дидактических инвариантов. Данная минимизация касается непосредственно содержания учебной дисциплины и отражает *инвариантный подход* к построению содержания учебных дисциплин.

С точки зрения инвариантного подхода содержание учебной дисциплины (предмета) – это относительно устойчивая система

дидактических инвариантов, характеризующаяся их числом и гибкостью. Инвариантный подход предполагает минимизацию содержания за счет выявления и удаления вариативной части учебной дисциплины при сохранении инвариантной части, а значит и целевого компонента учебной дисциплины и конечных требований к знаниям и умениям учащихся.

На примере выдержки из действующей программы нами показано, что, по крайней мере, в системе среднего профессионального образования (СПО) примерные программы в настоящее время являются информационно перегруженными. Обновить их содержание в плане достижений науки при сохранении отпущенного на изучение этих дисциплин

учебного времени возможно путем построения новой вариативной части при сохранении стабильной инвариантной части учебной дисциплины. Реализация содержания инвариантной части химической учебной дисциплины должна приводить к формированию совокупности *системных* химических знаний в форме *системы*

химических понятий. В случае обучения химии в учреждениях профессионального образования (в том числе среднего) системные знания – основа профессиональной компетентности, позволяющей продуктивно и успешно осуществлять самостоятельную профессиональную деятельность.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Брунер Дж. Психология познания. М.: Прогресс, 1977.
2. Васелевски М. Методология, теория и методика модернизации содержания и процесса обучения неорганической химии в университетах Польши: Моногр. СПб.: РГПУ им. А.И. Герцена, 2004.
3. Волкова Ю.М. Подходы к минимизации содержания общего химического образования // Совершенствование содержания и методов обучения химии в средней и высшей школе: Сб. науч. трудов. СПб.: РГПУ им. А.И. Герцена; ЛОИРО, 2006. С. 154–157.
4. Гальперин П.Я. Введение в психологию: Учеб. пособие для вузов. М.: КДУ, 2005.
5. Деркач А.М. О некоторых недостатках примерной программы дисциплины «Органическая химия» и путях их устранения // Среднее профессиональное образование. 2005. № 1. С. 13–14.
6. Деркач А.М. Формирование системных знаний по органической химии при заочном обучении на основе представления о дидактических инвариантах // Инновационные образовательные технологии. 2006. № 2. С. 42–49.
7. Зайцев О.С. Методика обучения химии: теоретический и прикладной аспекты. М.: Гуманитарный издательский центр ВЛАДОС, 1999.
8. Пак М.С. Основы дидактики химии: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2004.
9. Примерная программа дисциплины «Органическая химия». М.: Издательский отдел ИИР СПО, 2002.
10. Румянцев Б.В. О построении курса органической химии на основе теории поэтапного формирования умственных действий // Химия в школе. 2004. №4. С. 12–16.
11. Скаткин М.Н. Об усилении воспитывающей и развивающей функции учебника // Проблемы школьного учебника / Под ред. Д.Д. Зуева. М.: Просвещение, 2004. С. 135–151.
12. Титова И.М. Обучение химии. Психолого-методический подход. СПб.: КАРО, 2002.
13. Тупикин Е.И. Теоретический аспект естественнонаучной общеобразовательной подготовки в профессиональных образовательных учреждениях систем начального и среднего профессионального образования // Актуальные проблемы модернизации химического образования и развития химических наук: Материалы 52-й Всероссийской научно-практической конференции химиков с международным участием. 6–9 апреля 2005 года, г. Санкт-Петербург. СПб.: РГПУ им. А.И. Герцена, 2005. С. 67–70.
14. Федоров Б.И. Алгоритмы обучения. СПб.: Филиал изд-ва «Просвещение», 2004.



**РЕЗЮМЕ**

В настоящее время учреждения среднего профессионального образования в России вовлечены в процесс целенаправленной модернизации образования в рамках «Концепции модернизации российского образования на период до 2010 года». С этих позиций автор формулирует ряд положений, направленных на модернизацию химического образования в колледжах и техникумах. Рассмотрены проблемы и некоторые пути совершенствования содержания курса химии. Показаны возможности применения представления о дидактических инвариантах и инвариантного подхода к обучению химии. Приведен пример приложения представления о дидактических инвариантах к содержанию курса органической химии.

**SUMMARY**

Today secondary professional schools in Russia are involved in the process of purposeful modernization of the education in the context of "Conceptions of modernization of Russian education for the period of up to 2010". Based on this point of view, the author proposes some regulations directed at the modernization of chemistry education in colleges and technical colleges. The problems and some methods of perfecting the content of a chemistry course are discussed. The possibilities of using the idea of didactic invariants and the invariant approach in planning the process of chemistry education are shown. An example of applying the idea of didactic invariants to the content of the organic chemistry course is offered.