

Держач А.М., заведующий лабораторией химии, преподаватель общепрофессиональных дисциплин Санкт-Петербургского колледжа холодильной промышленности

ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМНЫХ ЗНАНИЙ ПО ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ ПРИ ЗАОЧНОМ ОБУЧЕНИИ НА ОСНОВЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ДИДАКТИЧЕСКИХ ИНВАРИАНТАХ

С каждым годом усиливается зависимость пищевой промышленности от достижений органической химии. Поэтому с 2002/2003 учебного года в Российской Федерации в учреждениях среднего профессионального образования (СПО) для пищевых технологических специальностей вновь была введена учебная общепрофессиональная дисциплина «Органическая химия».

Важнейшей задачей обучения по данному предмету является формирование у студентов знаний о химических процессах, лежащих в основе производства того или иного вида пищевой продукции. Кроме того, органическая химия способствует решению общих задач естественнонаучного образования. Е.Я. Аршанский [1, 9–14] рассматривает химию в целом и органическую химию в частности в рамках *гуманизации образования*, делая акцент на значимость этой науки в общекультурном развитии личности.

Наибольшую роль в становлении будущих специалистов пищевого производства имеют знания по органической химии, так как умения и навыки носят более частный характер и, как правило, формируются при изучении дисциплин специального цикла. *Качество знаний* определяется многообразием и характером видов деятельности, в которых знания могут функционировать [11, 15]. Ключевую роль играет умение распространить знания по органической химии на область профессиональной деятельности. Естественно, для того, чтобы это стало возможным, знания должны обладать рядом дополнительных свойств, которые выводят знания по органической химии на *качественно* новый уровень. Среди дополнительных свойств можно выделить, прежде всего, системность, под которой мы понимаем существование взаимосвязи между отдельными компонентами знаний об органических веществах и химических процессах с участием органических веществ, возникающей в результате обусловленности приобретения теоретических и практических знаний их дальнейшим применением.

В курсе дисциплины «Органическая химия» основными *системообразующими компонентами* 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.

Представление о системообразующих компонентах (то есть о теоретических положениях науки, лежащих в основе построения учебной дисциплины) курса органической химии хорошо согласуется с теорией учебной деятельности В.В. Давыдова [5, 151], предполагающей, что усвоение знаний, носящих общий и абстрактный характер, предшествует знакомству с более частными и конкретными знаниями. Кроме того, необходимо умение выявлять «генетически исходное, существенное, всеобщее отношение, определяющее содержание и структуру объекта данных знаний», конкретизировать его и переходить от выполнения действий в умственном плане к выполнению их во внешнем плане и наоборот.

При заочной форме обучения требования к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников по данной специальности остаются теми же, что и на стационаре. Сложность сообщения получаемым знаниям по органической химии системности, как и применения традиционных методов и технологий обучения химии, обуславливается рядом объективных факторов, в которых заключается специфика заочного обучения.

1. Возраст учащихся – если обычный разброс возрастов учащихся составляет ± 2 года, то в нашем случае этот показатель может достигать ± 15 лет. То есть фактически в одной группе могут находиться учащиеся от 17 до 45 лет. Это заставляет применять такой аппарат педагогических и психологических методов, который одинаково эффективен при обучении как молодежи, так и взрослых.

2. Разброс возрастов порождает следующую проблему: за 1970–1990 годы в практике средней школы сменилось в среднем три учебника химии, не считая изменений за последние годы. Поэтому в одной группе могут оказаться учащиеся, изучавшие курс органической химии в школе по учебнику Л.А. Цветкова [13], или, например, по учебнику под редакцией Н.Е. Кузнецовой [12]. Конечно же,

образовательный стандарт за это время также изменялся не раз. Тематический анализ двух упомянутых учебников выявляет несущественное их различие по структуре, но содержание заметно отличается, несмотря на то, что системообразующие компоненты остаются теми же. В настоящее время *ведущая роль теоретических знаний* при изучении органической химии проявляется в том, что структурирование учебного материала ведется на основании строения тех или иных соединений, а рассмотрение химизма осуществляется в свете представления об электронной структуре молекул.

3. У учащихся, как правило, теоретическая подготовка по органической химии крайне слабая, практическая же часто довольно внушительная (особенно у работников производственных лабораторий). Есть возможность в обучении опираться на жизненный и производственный опыт учащихся, как это при обучении неорганической химии в вечерней школе предлагают Д.М. Кирюшкин, В.С. Полосин и др. [7, 11].

4. Трудность осуществления обучения в зоне ближайшего развития учащихся (по Л.С. Выготскому). Это обусловлено различным их возрастом и неодинаковой подготовкой по органической химии.

Названные факторы являются основополагающими при определении особенностей содержания и методики заочного обучения органической химии, а также при проектировании основных форм и средств обучения:

- установочной лекции;
- домашней контрольной работы, методических указаний к ней, а также учебно-методических материалов;
- лабораторного практикума;
- практических занятий;
- предэкзаменационной консультации.

При заочном обучении стоит цель *минимизации содержания* курса органической химии. Это предполагает (в первом приближении) дедуктивное изложение материала, то есть от общих, наиболее абстрактных положений к частным, более конкретным. Анализ Государственного образовательного стандарта [3] показывает, что именно абстрактное¹

¹ Под абстрактным здесь мы понимаем номенклатуру, классификацию, химическую символику, а также представления об объектах, реально не существующих (например, гибридные электронные орбитали) или об объектах, свойства которых нельзя оценить органолептически (например, электроны, атомы, молекулы).

составляет основу курса дисциплины «Органическая химия»: *теория строения органических веществ; углеводороды: классификация, номенклатура, изомерия, строение, свойства; соединения с однородными функциями: спирты, фенолы, альдегиды, кетоны, карбоновые кислоты, простые и сложные эфиры, оксикислоты; аминокислоты: классификация, строение, свойства; белки: классификация, состав, строение, свойства; липиды: классификация, номенклатура, строение, свойства; углеводы: классификация, номенклатура, строение, свойства; витамины; ферменты; ароматообразующие вещества; вкусовые добавки.*

В целях минимизации содержания курса (во втором приближении) необходимо применение описанного в методической литературе принципа «мини-макси», который предполагает рассмотрение химических свойств и методов получения органических веществ данного класса на примере одного-двух первых членов гомологического ряда. При этом для того, чтобы знания обладали системностью, необходимо применение принципа компактности и преемственности обучения химии. То есть все связи между структурными элементами учебного материала должны быть по возможности короткими (требование минимального суммарного временного интервала), а изложение каждого последующего структурного элемента опирается на предыдущий изученный материал [9].

Таким образом, нами выявляется *противоречие* между тенденцией к минимизации содержания курса органической химии при заочном обучении и целью сообщения знаниям учащихся системности. Нельзя забывать, что конечные цели обучения определяет Государственный образовательный стандарт, и указанный в нем минимум обязательно должен быть выполнен. Вместе с тем этот минимум нельзя рассматривать как учебную программу, так как в нем не отражается процессуальная сторона обучения, то есть, нет ответа на вопрос: как и в какой последовательности раскрывается учебный материал.

Для корректного осуществления минимизации курса органической химии при заочном обучении по сравнению с очной формой обучения, но при условии сохранения внутри- и межпредметных связей, обеспечивающих формирование системных знаний, нами предлагается понятие о дидактических инвариантах курса органической химии.

Если под *дидактической единицей* понимать информационно-смысловую дозу учебного материала, подлежащую усвоению учащимися за данный промежуток учебного времени, то в структуре самой дидактической единицы можно выделить две составляющих. Первая – вариативная, которая может быть в определенных границах изменена без заметного влияния на дидактическую единицу. Вторая – инвариантная, в основе своей содержащая системообразующий компонент или его часть. Очевидно, что изменение инвариантной составляющей дидактической единицы, а особенно ее минимизация, прямым образом отражается на дидактической единице в целом.

Таким образом, сокращение дидактической единицы возможно до ее инвариантной составляющей. Если же затрагивается инвариантная составляющая дидактической единицы, то не могут быть использованы прежние требования к минимуму знаний, умений и навыков, приобретаемых учащимися в результате усвоения данной дидактической единицы.

Итак, *дидактический инвариант* – это минимальный набор информационно-смысловых единиц, обеспечивающий формирование и целостность дидактической единицы. *Дидактический инвариант курса органической химии* – это минимальный набор информационно-смысловых единиц, относящихся к органической химии как к науке, обеспечивающий формирование и целостность дидактической единицы в рамках курса органической химии как учебной дисциплины.

Математически это можно выразить следующим образом:

$$D = I + A,$$

где: D – дидактическая единица; I – дидактический инвариант; A – вспомогательный

(вариативный) компонент дидактической единицы.

Тогда совокупность дидактических единиц учебной дисциплины будет выглядеть, как

$$\sum_{i=1}^n D = \sum_{i=1}^n I + \sum_{i=1}^n A,$$

где: $\sum_{i=1}^n I$ – дидактические единицы инвариантной части курса учебной дисциплины;

$\sum_{i=1}^n A$ – дидактические единицы вариативной части курса учебной дисциплины¹.

Из приведенного выражения следует, что возможны два пути минимизации содержания учебной дисциплины:

– *вариативная минимизация* – подразумевает сокращение вариативной части содержания учебной дисциплины $\lim_{A \rightarrow 0} D = I$.

При этом не затрагивается сумма дидактических инвариантов, а значит, сохраняются требования к минимуму знаний, умений и навыков, формируемых в результате изучения дисциплины:

$$\lim_{A \rightarrow 0} \sum_{i=1}^n D = \sum_{i=1}^n I;$$

– *инвариантная минимизация* – предполагает сокращение инвариантной части содержания учебной дисциплины (то есть суммы дидактических инвариантов) независимо от сокращения вариативной части. Пропорционально сокращению инвариантной части сокращаются требования к минимуму знаний, умений и навыков. В этом случае инвариантная часть может быть представлена уже в

виде $\sum_{i=1}^x I$, где $x < i$.

Надо учесть, что при минимизации должна сохраняться связь между отдельными блоками информационно-смысловых единиц. Нарушение этой связи, а также минимизация дидактической единицы с нарушением логической целостности дидактического инварианта

(дидактическая единица «теряет» свое содержание) приводит к невозможности *формирования понятия*, заключенного в дидактическом инварианте, как продукта законченного и осмысленного учащимися действия.

Л.В. Грибакина и Н.Е. Кузнецова [4] указывают на необходимость активизации учебно-познавательной деятельности учащихся в целях профилактики формирования формальных знаний. Но указание на необходимость *самостоятельного вывода* понятий и определений под руководством учителя может считаться неприемлемым при заочном обучении в виду его специфики. Нами здесь видится необходимость *самостоятельного применения* сформированных понятий, предложенных учащимся в виде определений.

Н.Ф. Талызина [11, 195] как основную причину *формализма* при усвоении понятий рассматривает неумение учащихся работать с определениями понятий. В рамках наших рассуждений формализм может быть объяснен следующим образом. Определение понятия – это дидактический инвариант, то есть наиболее общая информационно-смысловая единица, логически связанная с другими дидактическими инвариантами. В определении понятия описательно раскрывается его содержание, причем таким образом, что это понятие оказывается связанным с теми, которые заключены в других дидактических инвариантах как рассматриваемой учебной дисциплины, так и других дисциплин. Отличие сформированного понятия от дидактического инварианта состоит в том, что дидактический инвариант стабилен и чаще всего не может быть перемещен из одной части курса в другую. Сформированное же понятие универсально и утилитарно, то есть, в отличие от дидактического инварианта, может быть использовано с целью получения нового знания. Кроме того, дидактический инвариант (как и дидактическая единица) относителен, то есть может заключать в себе несколько понятий (в виде определений). Понятие же целостно и абсолютно, то есть не может быть поделено на части.

¹ Указанные суммы могут быть определены как суммы дидактических единиц. Но обязательно надо учитывать, что эти дидактические единицы иные по своей структуре и будут меньше по объему (то есть в сумме будет содержаться не n слагаемых, а m , причем $n > m$). К ним вновь может быть применено представление о дидактических инвариантах. Это происходит потому, что понятие о дидактической единице не указывает на объем информации в дозе информационно-смысловых компонентов. Однако ясно, что до бесконечности такое деление происходить не может.

Формализм, таким образом, будет заключаться в неспособности учащихся через определение понятия вскрыть связь содержащего это понятие дидактического инварианта с другими дидактическими инвариантами. Понятие оказывается «запертым» в рамках своего дидактического инварианта. Ясно, что формирование системных знаний в таких условиях невозможно. В результате мы можем сформулировать некоторые требования к содержанию курса органической химии при заочном обучении.

1. В содержании учебной дисциплины должна быть выявлена совокупность дидактических инвариантов и установлена взаимосвязь между ними.

2. В целях оптимизации содержания учебной дисциплины (ввиду малого количества аудиторных часов учебного времени) при заочном обучении может быть применена вариативная минимизация содержания.

3. Для формирования системных знаний должна быть выявлена система понятий как совокупность взаимосвязанных дидактических инвариантов.

4. Все понятия должны иметь определения, четко отражающие содержание каждого понятия, делающие возможным применение понятия (но не определения!) при изучении специальных дисциплин и в производственной практике.

5. Изучение материала должно вестись в свете его дальнейшего применения в профессиональной деятельности.

При заочной форме обучения до 90% содержания учебной дисциплины изучается учащимся *самостоятельно*. Не всегда полученные таким образом знания системны, даже если учебно-методические материалы и вопросы контрольной работы составлены в расчете на их целенаправленное формирование.

Опытным путем был найден выход. Занятия во время лабораторно- экзаменационной сессии планируются таким образом, чтобы совместить выполнение лабораторных работ с элементами повторения и сообщением знаниям по органической химии системности. Это достигается путем применения абстрактных знаний к фактическому материалу,

носящему прикладной характер. Данный фактический материал и выполняет функцию связи между отдельными компонентами полученных самостоятельно (а также знаний из производственного и жизненного опыта учащихся) и во время установочной лекции знаний (как абстрактных, теоретических, так и носящих конкретный, прикладной характер). Кроме того, *раскрытие межпредметных связей* с предметами культурологической направленности обеспечивает перенос знаний и способов умственных действий из одной области в другую. При этом формируются умения интегрировать знания их различных областей для решения комплексных задач. Целенаправленное раскрытие межпредметных связей со специальными дисциплинами создает условия для целостного восприятия информации, а значит – для формирования системных знаний.

Кроме того, широкое использование в заданиях контрольной работы профессионально значимой информации обеспечивает не только последующее формирование системных знаний, но и переводение скрытых мотивов учебной деятельности в явные. По А.Н. Леонтьеву, деятельности без мотива не бывает [8, 153]. В нашем случае нацеленность на будущую профессиональную деятельность мотивирует изучение органической химии.

Одним из обязательных условий мотивированного изучения учащимися курса органической химии и самостоятельного выполнения домашней контрольной работы является ее посильность. Нами предлагается такой прием. Допустим, в домашней контрольной работе учащемуся для решения предлагается 14 заданий. Из них он выбирает *любые* 9 и выполняет их. Естественно, учащийся выберет те задания, которые ему под силу решить. Оставшиеся – сигнал преподавателю о необходимости проработать подобные задания на предэкзаменационной консультации.

На основе дидактических инвариантов курса органической химии, а также на основе принципа компактности и преемственности обучения химии нами предлагается следующая программа занятий во время лабораторно- экзаменационной сессии (исходя из 2 академических часов установочной лекции и 18 академических часов занятий):

| № занятия (пары) | Содержание занятия | Химический эксперимент Д-демонстрационный, У-ученический | Дидактические инварианты |
|---------------------|---|---|--|
| Установочная лекция | Предмет органической химии. Теория химического строения А.М. Бутлерова. Химическая связь. Гибридизация. Изомеры и гомологи | <i>Указания к выполнению домашней контрольной работы и подготовке к лабораторному практикуму</i> | Химическое строение, химическая связь, гибридизация, изомерия, гомология. |
| 1–2 | Инструктаж по ТБ. Углеводороды. Индуктивный и мезомерный эффект. Спирты. Фенолы | Д – получение метана, горение спиртов, демонстрация образцов полимеров. У – лабораторные работы: «Получение и химические свойства этилена», «Свойства одноатомных спиртов», «Свойства многоатомных спиртов», «Свойства фенола» | Алканы, алкены, алкины, алкадиены, арены, полимеры, индуктивный и мезомерный эффекты, спирты, фенолы |
| 3–4 | Карбонильные соединения: альдегиды и кетоны. Карбоновые кислоты и их производные (мыла, сложные эфиры, ди-, оксо- и гидроксикарбоновые кислоты). Жиры | Д – восстановительные свойства шавелевой кислоты. У – лабораторные работы: «Свойства альдегидов», «Свойства карбоновых кислот», «Свойства мыла», «Свойства жиров» | Альдегиды, кетоны, карбоновые кислоты, мыла, сложные эфиры, ди-, оксо-, гидроксикарбоновые кислоты, жиры |
| 5–6 | Амины. Амиды. Аминокислоты. Пептиды. Белки | Д – образование эмульсии анилина, демонстрация коллекции аминокислот. У – лабораторные работы: «Свойства аминокислот», «Свойства белков» | Амины, амиды, аминокислоты, пептиды, белки |
| 7–8 | Углеводы: моносахариды, дисахариды, полисахариды | Д – обугливание сахарозы концентрированной серной кислотой. У – лабораторная работа: «Свойства углеводов» | Углеводы, моносахариды, дисахариды, полисахариды |
| 9 | Витамины, ферменты, гормоны. Обобщение | | Витамины, ферменты, гормоны |

Теоретический материал раскрывается лишь в объеме, необходимом для осознанного выполнения иллюстративного химического эксперимента – лабораторных работ (то есть разбираемый теоретический материал представляет собой совокупность дидактических инвариантов). Удобно, что количество учащихся в группе не превышает обычно 15–20 человек, поэтому за 4 академических часа вполне возможно успеть проработать краткий теоретический материал, выполнить 2–3 небольшие по объему работы (учащиеся делятся на бригады по 2–4 человека и по очереди выполняют эксперимент).

Для подготовки к лабораторным работам учащимся выдается пособие, содержащее лишь описание эксперимента [6]. Для оформления отчета, где должны содержаться уравнения реакций, учащийся должен обратиться к учебнику или самостоятельно подготовленному в процессе выполнения домашней контрольной работы конспекту.

Итак, мы рассмотрели только вопрос, касающийся *содержания* курса органической химии при заочной форме обучения. Воспитательный и развивающий компоненты в рамках триединой образовательной функции нами не затрагивались. Вместе с тем даже при

применении представления о системообразующих компонентах и дидактических инвариантах проблемой остается отбор содержания учебной дисциплины. Например, теория электронного резонанса Л. Полинга, как правило, не получает должного внимания в курсе рассматриваемой нами дисциплины «Органическая химия»; в то же время он является одной из основополагающих в органической химии как науке. Большую сложность представляют установление меры достаточности и необходимости учебного материала, допустимости его избыточности и определение содержания этих избыточных знаний и умений [10, 17]. Но, думается, что в этом направлении применение представления о дидактических инвариантах в совокупности с традиционными методами прогнозирования и реализации содержания обучения может дать хорошие результаты. По крайней мере, в процессе разработки вопроса, касающегося дидактических инвариантов, может быть более четко зафиксирован минимум содержания дисциплины.

В.П. Беспалько и Ю.Г. Татуром [2, 55] предложена известная формула для подсчета

дидактического объема усвоения, учитывающая цели обучения:

$$Q = \frac{N \cdot \Delta(\bar{\alpha}^2 \bar{\beta}) \cdot \bar{H} \cdot \gamma \cdot K_a}{1 - K_r} \text{ (дв.ед.)},$$

где N – число учебных элементов в содержании учебного предмета, то есть число его элементарных составных единиц: изучаемых объектов, явлений, процессов, методов деятельности. Интересно, что при подстановке в эту формулу числа выявленных дидактических инвариантов учебной дисциплины мы получаем *минимальный* дидактический объем усвоения.

Рассмотренные приемы могут быть использованы преподавателями ВУЗов при работе со студентами-заочниками, а также учителями тех школ, которые перешли на ведение занятий по химии в 8–11 классах из расчета 1 академический час в неделю.

Методику выявления дидактических инвариантов учебной дисциплины (применительно к химии) в целях оптимизации ее содержания автор планирует раскрыть в последующих статьях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аршанский Е.Я. Методика обучения химии в классах гуманитарного профиля. М.: Вентана-Граф, 2005.
2. Беспалько В.П., Татур Ю.Г. Системно-методическое обеспечение учебно-воспитательного процесса подготовки специалистов: Учеб.-метод. пособие. М.: Высшая школа, 1989.
3. Государственный образовательный стандарт среднего профессионального образования: Государственные требования к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников по специальности 2710 «Технология молока и молочных продуктов» (базовый уровень среднего специального образования). М.: ГОУ «Центральный учебно-методический кабинет по среднему специальному образованию Минсельхоза России», 2002.
4. Грибакина Л.В., Кузнецова Н.Е. О причинах формализма в знаниях учащихся // Химия в школе. 1988. № 6. С. 17–18.
5. Давыдов В.В. Проблемы развивающего обучения. М.: Академия, 2004.
6. Деркач А.М. Лабораторный практикум по органической химии для студентов дневной и заочной форм обучения по специальностям «Технология мяса и мясопродуктов», «Технология молока и молочных продуктов». СПб.: С-ПКХП, 2005.
7. Кирюшкин Д.М., Полосин В.С., Сорокина Н.К. и др. Методика обучения неорганической химии в вечерней школе: Пособие для учителей. М.: Просвещение, 1975.
8. Леонтьев А.Н. Избранные психологические произведения: В 2 т. М.: Педагогика, 1983. Т. II.
9. Ранникмяэ М. Й., Тыльдсепп А.А. Опыт формирования системных знаний учащихся // Химия в школе. № 6. 1983. С. 35–38.

10. Семушина Л.Г., Ярошенко Н.Г. Содержание и технологии обучения в средних специальных учебных заведениях. М.: Мастерство, 2001.
11. Галызина Н.Ф. Педагогическая психология. М.: Академия, 2003.
12. Химия: Учебник для 10 класса общеобразовательных учреждений / Под ред. проф. Н.Е. Кузнецовой. М.: Вентана-Граф, 2004.
13. Цветков Л.А. Органическая химия. М.: Просвещение, 1966.

РЕЗЮМЕ

В статье рассмотрен авторский подход к проблеме формирования системных знаний в условиях минимизации содержания курса органической химии при заочном обучении. Вводится понятие о дидактических инвариантах курса органической химии. В свете представления о специфике системных знаний рассматривается профилактика формализма в знаниях учащихся. Предлагается поурочное планирование содержания занятий и лабораторного эксперимента.

SUMMARY

The author's approach towards the problem of forming the system knowledge in conditions of the minimization of the organic chemistry course content in training by correspondence is examined in the article. The concept of didactic invariants of the organic chemistry course is introduced. Precautions against formalism in students' knowledge from the point of view of the conception of the system knowledge specifics are considered. Planning the contents of each lesson and a laboratory experiment is offered.