

## ФОРМИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Василий ШАРАГОВ, *Бэлцький госуниверситет им. А. Руссо, Республика Молдова*

**Rezumat:** Pentru formarea competențelor chimice se propune aplicarea analizei de sistem. Se examinează esența noțiunilor sistem și elementele lui, abordarea de sistem și analiza de sistem. Competențele chimice se divid în următoarele grupe: noțiunile chimice de bază, alcătuirea ecuațiilor reacțiilor chimice și rezolvarea problemelor, practicumul de laborator și probleme cu caracter integru. Se discută exemple concrete de aplicare a abordării de sistem pentru formarea competențelor chimice.

**Cuvinte-cheie:** *competență chimică, clasificare, sistem, element, analiza de sistem.*

**Abstract:** It is proposed to use the system analysis to form chemical competences. Such concepts as the system and its elements, the system approach, the system analysis are analyzed. The chemical competences can be divided into the following groups: basic theoretic concepts of chemistry, creating equations of chemical reactions and solving problems, laboratory workshop and integral tasks. Real examples of how to apply the system approach to form chemical competences are discussed.

**Keywords:** *chemical competence, classification, system, element, system analysis.*

### Введение

Модернизация системы образования в нашей стране предусматривает реализацию концепции опережающего образования, ориентированного на результат, основанный на компетентностном подходе, и широкое внедрение методов инновационного и развивающего образования, ориентированного на раскрытие творческого потенциала учащихся [Gorincioi: 2].

Ведущими категориями компетентностного подхода являются понятия «компетенция» и «компетентность». В литературе данные понятия имеют различное толкование, так М. Н. Лабикова эти понятия определяет следующим образом: „*компетенция* – это совокупность взаимосвязанных качеств личности (знаний, умений, навыков, способов деятельности), задаваемых по отношению к определенному кругу предметов и процессов и необходимых для качественной продуктивной деятельности по отношению к ним; *компетентность* – „это владение, обладание человеком соответствующей компетенцией, включающей его личностное отношение к ней и предмету деятельности” [Лабикова: 1-6].

Как отмечает М. М. Шалашова „Компетенции следует рассматривать как требуемый результат образовательной деятельности обучающихся, включающий в себя не только знания, но и освоенные способы действий, личностные качества, необходимые для продуктивной деятельности по отношению к предметам и явлениям действительности. Компетентность является интегральной характеристикой личности, определяемой совокупностью компетенций. В содержание компетенций включается все, что необходимо для выполнения предполагаемых задач: предметные знания, освоенный опыт деятельности, проявляемые при этом самостоятельность мышления, мотивация к обучению и др.” [Шалашова 2009: 9-10].

Известный ученый А. В. Хуторской предлагает трехуровневую иерархию компетенций:

1) ключевые компетенции - относятся к общему (метапредметному) содержанию образования;  
2) общепредметные компетенции – относятся к определенному кругу учебных предметов и образовательных областей;

3) предметные компетенции - частные по отношению к двум предыдущим уровням компетенции, имеющие конкретное описание и возможность формирования в рамках учебных предметов” [Хуторской: 56-57].

М. М. Шалашова в содержании компетенций выделяет знаниевый, деятельностный и мотивационный компоненты. Отмечено, что в процессе обучения формируются и развиваются ключевые и предметные компетенции у школьников, универсальные и профессиональные компетенции – у студентов. Для становления профессиональной компетентности будущего учителя химии М. М. Шалашова особое внимание уделяет химическим компетенциям [Шалашова 2010: 12-13].

Знаниевый компонент химических компетенций студентов содержит огромный объем материала [Шалашова 2010: 17-20]: „основные законы и теоретические представления химии, способы физико-химического описания различных процессов; современную номенклатуру химических веществ; классификацию химических веществ и химических реакций; особенности химического строения различных состояний веществ; основные положения квантовой химии; современные представления о строении органических соединений; классификацию реагентов и химических реакций с участием органических веществ; роль катализа в превращениях важнейших классов веществ; теоретические основы химической технологии, термодинамики, электрохимии; ха-

рактерные свойства химических элементов и их соединений; зависимость химических свойств от строения молекулы; способы образования и свойства основных видов химической связи” и т.д.

Практика преподавания разных химических дисциплин свидетельствует о том, что даже самые способные студенты не способны на высоком уровне сформировать базовый знаниевый компонент химических компетенций. Это побуждает разрабатывать новые подходы и методы для формирования химических компетенций студентов.

Цель работы заключается в выяснении возможностей формирования химических компетенций студентов на основе системного анализа.

Сначала охарактеризуем сущность системного анализа и принципы его применения.

### 1. Сущность системного анализа

В научных исследованиях и технике системный анализ используется со второй половины прошлого столетия. Сегодня он применяется во всех сферах человеческой деятельности: науке, технике, космонавтике, промышленности, строительстве, учебе, экономике, медицине, военном деле и др. [Абовский; Владимирский; Козлов, Остапчук, Щербатенко; Мельникова, Шведова; Смирнов].

Общепринятое определение понятия „системный анализ” отсутствует, на наш взгляд, наиболее полное определение разработал В. Н. Садовский: „Системный анализ представляет собой совокупность методов и методик выработки и принятия решений при проектировании, конструировании и управлении сложными и сверхсложными объектами (социальными, экономическими, техническими и т. д.)” [Бреховских: 32].

Автор данной статьи предлагает такое определение данному понятию: системный анализ - это всестороннее исследование объекта для получения о нем целостного представления и выявления его взаимосвязи с другими объектами.

Важнейшие принципы системного анализа, по мнению Л. И. Мельниковой и В. В. Шведовой, заключаются в следующем:

„1) процесс принятия решений должен начинаться с выявления и четкого формулирования конечных целей, а также критериев, по которым может оцениваться их достижение; 2) необходимо рассматривать всю проблему как целое, т. е. как единую систему, и выявлять все последствия и взаимосвязи каждого частного решения; 3) необходимы выявления и анализ возможных альтернативных путей достижения цели; цели отдельных подсистем не должны вступать в конфликт с целями всей системы” [Мельникова, Шведова: 15].

Согласно данным тех же ученых, „основным и наиболее ценным результатом системного анализа признается не количественно определенное решение проблемы, а увеличение степени ее понимания и сущности различных путей решения”.

Основой системного анализа является системный подход, в котором любой объект рассматривается как система. Профессор О. С. Зайцев определяет систему следующим образом: „система это множество элементов, находящихся в таких отношениях и связях друг с другом, которые придают ей целостность и единство” [Зайцев: 5]. В качестве элементов системы выступают предметы, вещества, свойства, признаки, понятия, законы и др., т. е. любые объекты материального и духовного характера.

Рассмотрим пример. Обычная шариковая ручка как система, всегда содержит такие элементы: стержень с пастой, корпус, колпачок. В свою очередь, стержень с пастой является подсистемой, состоящей из элементов: пластмассовой трубки, металлического наконечника, шарика, пасты. Из этого следует, что элемент системы представляет собой часть объекта, выполняющего определенную функцию.

Самой сложной и ответственной процедурой в системном анализе является построение обобщенной модели, отображающей все те факторы и взаимосвязи между ними, которые могут влиять на процесс принятия решения [Мельникова, Шведова: 25]. До сих пор отсутствует единый подход к созданию общей модели факторов для родственных объектов.

Автор предпринял попытку разработать единый подход для описания характеристики любых материальных объектов. На первом этапе все факторы, характеризующие объект как систему, подразделяются на три блока или направления (рис. 1).

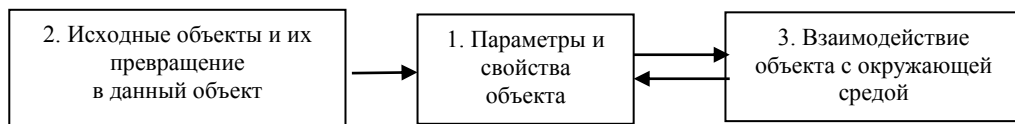


Рис.1. Блок-схема представления объекта с позиций системного анализа

Для материального объекта первое направление включает характеристику собственно самого объекта, т. е. такие параметры и свойства, которые имеет любой материальный объект: размеры, форму, состав, структуру, свойства (физические, химические, биологические, технологические), чистоту и т. п. Второе направление представляют факторы, влияющие на получение объекта (исходные объекты и их преобразование в данный, условия и методы образования объекта и др.). Третий блок характеризует взаимодействие объекта с окружающей средой, т. е. с другими объектами. Сюда относятся условия эксплуатации объекта, влияющие окружающей среды на свойства объекта и т. д.

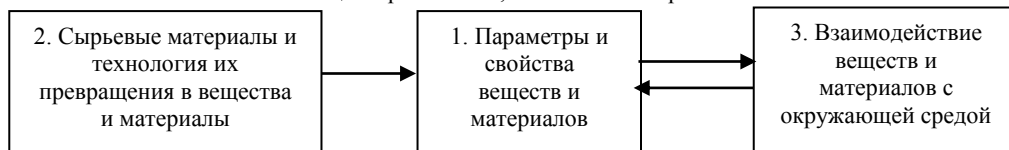
Между факторами всех трех блоков имеется тесная взаимосвязь. Например, состав, структура, свойства и степень чистоты материального объекта полностью зависят от качества исходных объектов и технологии их преобразования в данный объект. С другой стороны, те же характеристики объекта существенным образом зависят от факторов третьего направления – вида среды, в которой находится объект (газ, вакуум, жидкость и т. п.), параметров этой среды (температуры, давления и пр.) и др.

Для описания каждого направления привлекается большое количество факторов. Родственные факторы целесообразно объединять в группы и подгруппы. Более подробно эти сведения рассматриваются ниже. Аналогичным образом можно охарактеризовать объекты духовного характера.

Представленный общий подход описания любых объектов может применяться для решения разных проблем в науке, технике, педагогике и других областях человеческой деятельности.

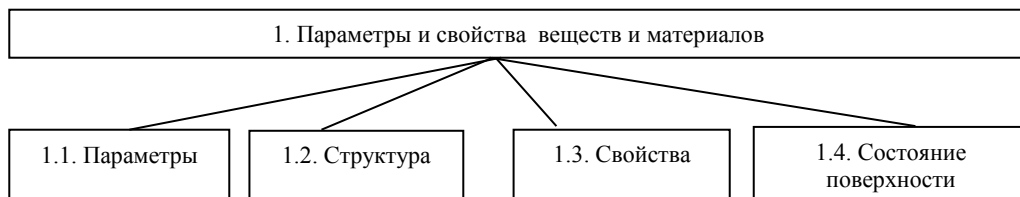
## **2. Общая модель факторов, характеризующих вещества и материалы**

В общем случае вещества и материалы как материальные объекты с позиций системного анализа можно описать с помощью трех блоков, показанных на рис. 2.



*Рис. 2. Блок-схема представления веществ и материалов*

Каждый из трех блоков содержит большое количество факторов, объединенных в группы. Направление 1. „Параметры и свойства веществ и материалов” включает несколько групп факторов, представленных на рис. 3.



*Рис. 3. Блок-схема групп факторов, относящихся к направлению 1. „Параметры и свойства веществ и материалов”*

В свою очередь, каждая группа факторов содержит подгруппы факторов. Так, например, группа 1.3. „Свойства веществ и материалов” включает подгруппы факторов: физические, химические, биологические и технологические свойства. Таким же образом и подгруппы факторов состоят из подподгрупп факторов. Например, подгруппа „Физические свойства” делится на подподгруппы свойств: общие, термические, электрические, магнитные, оптические, акустические, механические, гидрофизические и др. Далее каждая подподгруппа факторов разбивается на отдельные свойства. Например, механические свойства подразделяются на механическую прочность, твердость, упругость, эластичность и т. д. Необходимо отметить, что обычно каждое отдельное свойство определяется разными методами.

Аналогичным образом описываются группы и подгруппы факторов для блоков 2. „Сырьевые материалы и технология их превращения в вещества и материалы” и 3. „Взаимодействие веществ и материалов с окружающей средой”. Общая характеристика веществ и материалов включает большое число факторов.

Таким образом, с позиций системного анализа характеристика веществ и материалов представляет собой систему взаимосвязанных факторов. С помощью системного анализа можно

получить целостное представление о факторах, характеризующих вещества и материалы, их взаимосвязи между собой и провести ранжирование факторов по степени важности.

### 3. Классификация химических компетенций

В литературе химические компетенции классифицируются по-разному. На наш взгляд, химические компетенции целесообразно разделить на четыре главные группы:

1. Когнитивные (знаниевые) компетенции, включающие основные теоретические положения химии (фундаментальные понятия и законы химии; классификацию химических веществ и химических реакций; химический язык и современную номенклатуру химических веществ; характеристику веществ и материалов; строение атома и его электронную структуру; химическую связь и строение вещества; теоретические основы термодинамики, кинетики и химической технологии; классификацию и характеристику растворов и дисперсных систем и др.)
2. Деятельностные компетенции, включающие составление уравнений химических реакций и решение задач (определение валентности и степени окисления веществ, составление уравнений химических реакций разными методами, принципы решения химических задач, многообразие методов решения задач и др.)
3. Экспериментальные компетенции, включающие лабораторный практикум (технику выполнения химического эксперимента, определение и ранжирование факторов, влияющих на результат эксперимента, математическую обработку результатов эксперимента и др.)
4. Компетенции интегрального характера (курсовые и лицензионные работы, индивидуальные задания, рефераты, задачи творческого характера, задания для самостоятельной работы, олимпиады, доклады на конференции, научные эксперименты и др.).

Такое деление химических компетенций представляет интерес с точки зрения определения приоритетов в подготовке студентов. Автор данной статьи считает, что в учебном процессе наиболее важными являются компетенции интегрального характера и экспериментальные компетенции, которые без помощи преподавателя студенты самостоятельно сформировать не могут.

Также сложно студентам правильно формировать когнитивные (знаниевые) химические компетенции. Это объясняется тем, что студентам необходимо усвоить огромный объем информации, представленной в литературе по-разному.

### 4. Методика формирования химических компетенций на основе системного анализа

Традиционный подход для формирования химических компетенций, направленный на *запоминание* материала, не только не эффективен, но и приводит к снижению интереса к обучению и недостаточному развитию творческих способностей студентов.

Сформировать знаниевые химические компетенции можно более эффективно с позиций системного анализа. Рассмотрим конкретный пример. Необходимо сформировать химические компетенции о каком-то веществе или материале, например, о неорганическом стекле. В этом случае известная информация о неорганическом стекле представляется в соответствии с блок-схемами, представленными на рис. 2 и рис. 3. Полная характеристика стекла включает огромное число факторов, которые невозможно представить в настоящей работе. В качестве более простого примера рассмотрим только отдельное свойство стекла - химическую стойкость стеклянной тары.

Для всех видов стеклянной тары (бутылок, флаконов, банок) химическая стойкость является одним из наиболее важных эксплуатационных свойств. Методы определения химической стойкости стекла подразделяются в зависимости от геометрических характеристик образцов, природы реагентов, температуры, от способа количественного измерения и т. д. [Безбородов]. Для большинства видов стеклянной тары химическая стойкость регламентируется требованиями стандартов. Химическая стойкость всей массы изделия зависит, главным образом, от химического состава стекла. На химическую стойкость внутренней поверхности стеклянной тары влияет большое число факторов: химический состав и структура поверхностных слоев стекла, способ формования и конфигурация изделий, влажность воздуха, длительность и условия хранения тары и т. д. В некоторых случаях продукция полностью бракуется на стекольных заводах из-за недостаточной химической стойкости стекла. Выявление причин брака является сложной проблемой, так как не изучено влияние многих факторов на химическую стойкость стекла. На стекольных заводах часто не могут установить факторы, влияющие на снижение химической стойкости стекла.

С позиций системного анализа химическая стойкость стекла представляет собой систему взаимосвязанных факторов. На основе универсальной модели трех блоков факторов составляется конкретная модель факторов для данного свойства стекла. Верхний уровень факторов, влияющих на химическую стойкость тарных изделий, представлен на рис. 2. В свою очередь, каждый блок

содержит несколько групп и подгрупп факторов. Например, блок 2. „Сырьевые материалы и технология их превращения в стекло” включает следующие основные группы факторов:

- 2.1. Сырьевые материалы и их подготовка.
- 2.2. Получение шихты и ее характеристики.
- 2.3. Стекломассу и условия ее варки.
- 2.4. Метод и условия формования стеклоизделий.
- 2.5. Термообработку стеклоизделий.
- 2.6. Финишные операции.

Затем представляются факторы, относящиеся к отдельным группам и подгруппам.

На следующем этапе выясняется влияние каждого фактора на химическую стойкость стеклотары. Так как при прочих идентичных условиях химическая стойкость стекла зависит от конфигурации изделий. Автор данной статьи экспериментально установил, что значения водостойкости бутылок для водки и бутылок для соков, имеющих одну и ту же вместимость, но разную конфигурацию между собой значительно различаются (бутылки вырабатывались на одной и той же стеклоформирующей машине).

Затем наступает наиболее сложный и ответственный этап – ранжирование факторов по степени их важности. Для этого определяется количественная связь между каждым фактором и химической стойкостью стеклоизделий. В тех случаях, когда отсутствует количественный критерий, во внимание принимается качественное влияние данного фактора на свойства стекла. Надо отметить, что до сих пор не выяснено влияние многих факторов на химическую стойкость стеклотары.

Таким образом, с помощью системного анализа можно получить *целостное представление о факторах*, влияющих на химическую стойкость стеклоизделий (или иное другое свойство стекла), их взаимосвязи между собой и провести ранжирование факторов по степени важности.

Опыт преподавания свидетельствует о том, что при помощи системного анализа студенты легко осваивают единый подход представления характеристики вещества или материала. Такая методика эффективна для развития внутрипредметных и межпредметных связей.

Аналогичным образом системный анализ применяется для формирования деятельностных, экспериментальных и интегральных химических компетенций.

#### Библиография:

1. Gofincioi, Valeriu, *Formarea profesorilor pentru implementarea curriculumului modernizat de liceu. Chimia. Suport de curs*, Chișinău, 2010.
2. Лабикова, М. Н., *Соотношение понятий компетенция и компетентность в контексте современного образования*, Химия в школе, 2007, № 2.
3. Шалашова, М. М., *Компетентностный подход в изучении химии и оценивании компетенций учащихся средней школы*, 1 сентября Химия, 2009, № 13.
4. Хуторской, А. В., *Ключевые компетенции: Технология конструирования*, Народное образование, 2003, №5.
5. Шалашова, М. М., *Непрерывность и преемственность измерения химических компетенций учащихся средних образовательных школ и студентов педагогических вузов*, Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора педагогических наук, Московский педагогический государственный университет, 2010.
6. Абовский, Н. П., *Творчество в строительстве. Системный подход*, Красноярск, Стройиздат, 1992.
7. Владимирский, С. Р., *Системотехника машиностроения. Методология и практические приложения*. СПб, Питер, 1994.
8. Козлов, Г. Ф., Остапчук, Н. В., Щербатенко, В. В., *Системный анализ технологических процессов на предприятиях пищевой промышленности*, Киев, Техніка, 1997.
9. Мельникова, Л. И., Шведова В. В., *Системный анализ при создании и освоении объектов техники*. Москва, ВНИИПИ, 1991.
10. Смирнов, В. Н., *Системное исследование показателей качества изделий*. Л., Машиностроение, 1981.
11. Бреховских, С. М., *Основы функциональной системологии материальных объектов*, Москва, Наука, 1986.
12. Зайцев, О. С., *Общая химия. Направление и скорость химических процессов. Строение вещества*, Учебное пособие для студентов нехимических специальностей университетов, Москва, Высшая школа, 1983.
13. Безбородов, М. А., *Химическая устойчивость силикатных стекол*, Минск, Наука и техника, 1972.