

ГАПОНЦЕВА Марина Германовна

**ИНТЕГРАТИВНЫЙ ПОДХОД В СОДЕРЖАНИИ
НЕПРЕРЫВНОГО ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

13.00.08 – теория и методика профессионального образования

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата педагогических наук

М. Гап

Екатеринбург 2002

Работа выполнена в Российском государственном профессионально-педагогическом университете

Научный руководитель:
доктор педагогических наук, доцент
Федоров Владимир Анатольевич

Официальные оппоненты:
доктор педагогических наук, профессор
Пустильник Иосиф Григорьевич
кандидат физико-математических наук, доцент
Литовский Владимир Васильевич

Ведущая организация:
Челябинский государственный педагогический университет

Защита состоится 19 декабря 2002 года в 10-00 ч. в ауд. 0-302 на заседании диссертационного совета Д 212.284.01 по присуждению ученой степени доктора педагогических наук по специальности 13.00.08 – теория и методика профессионального образования в Российском государственном профессионально-педагогическом университете по адресу: 620012, Екатеринбург, ул. Машиностроителей, 11.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке РГПГУ.

Автореферат разослан 18 ноября 2002 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
доктор педагогических наук,
профессор

Бухарова

Г.Д. Бухарова

Общая характеристика работы

Актуальность исследования. История развития человечества связана с научно-техническим прогрессом. Он выражается в непрерывном росте объема научной информации. Перед человечеством всегда стояла задача передавать накопленные знания следующему поколению в наиболее компактном и доступном виде. Время от времени сложившаяся система образования испытывала трудности, связанные с переполнением информацией. Первый кризис подобного рода завершал эмпирический (индуктивный) этап развития науки. Он нашел свое решение при переходе к дедуктивному (опирающемуся на доказательства) этапу развития науки с появлением логического метода. Другой подобный кризис имел место в математике и разрешился с появлением ее внутренней структуры. Основы этой структуры заложила Эрлангенская программа Феликса Клейна, сыгравшая свою роль для всех наук.

Каждый раз кризис переполнения информацией завершался усложнением структуры науки. Появлялись элементы, специализирующиеся на функциях, возможность выполнения которых старыми способами была исчерпана (логический метод, разделение математики на отрасли, каждая из которых определяется своими инвариантами и т.д.). Это усложнение структуры науки приводило к усложнению структуры содержания образования.

Подобного рода ситуация в системе естественнонаучного образования по всем признакам имеет место сейчас. В настоящее время резко возросла дифференциация науки, порождаемая непрерывным ростом объема научной информации. В результате растет объем и усложняется содержание учебных дисциплин естественнонаучного цикла. Количество часов, отводимых на изучение естественнонаучных дисциплин, остается прежним или даже сокращается из-за появления новых предметов гуманитарного цикла. Имеют место также излишний параллелизм в программах курсов и несогласованность программ, когда, например, учителю биологии приходится объяснять понятие «энергия», а учителю физики - понятие «вектор». Это приводит к перегрузке учащихся и снижению качества обучения предметам естественнонаучного цикла. Преподаватель каждого отдельного предмета замыкается в своем курсе, что ведет к разобщенности естественнонаучных знаний, получаемых учащимися.

Одной из важнейших задач современного образования является выработка у личности единой научной картины мира. В современной ситуации решение этой задачи образования представляется затруднительным, так как в естественнонаучном образовании имеют место *противоречия*: между ростом содержания учебных естественнонаучных дисциплин и ограниченным количеством часов, отводимых на их

изучение в учебных планах; между процессами одновременной дифференциации и интеграции научных дисциплин, что приводит к усложнению структуры конкретных учебных естественнонаучных дисциплин и рассогласованности их программ; между качеством естественнонаучной подготовки выпускников средних и высших учебных заведений и требованиями общества к уровню образованности работников производства и образования; между растущей дифференциацией дисциплин естественнонаучного цикла и необходимостью реализации одной из важнейших задач естественнонаучного образования – формирование единой научной картины мира.

Из обозначенных нами противоречий вытекает *проблема*: каким должно быть содержание непрерывного естественнонаучного образования, чтобы удовлетворять требованиям личности и общества.

Степень разработанности проблемы и теоретическая база исследования.

Проблеме развития непрерывного естественнонаучного образования посвящены многие исследования, определяющие сущность и характеристики данного процесса. В общетеоретическом плане проблемами непрерывного образования занимались такие исследователи: Б.С. Гершунский, Г.П. Зинченко, П.Ф. Кубрушко, А.М. Новиков, В.М. Самсонов, В.А. Федоров и др. Фундаментальные исследования в области содержания образования проведены В.И. Загвязинским, В.В. Краевским, В.С. Ледневым, И.Я. Лернером, Г.М. Романцевым и др. Развитию естественнонаучного образования посвящены работы М.М. Балашова, Л.И. Громовой, Л.Я. Зориной, Г.Я. Мякишева, И.Г. Пустильника, А.Д. Суханова, Е.В. Ткаченко, А.В. Усовой, Э.Б. Филькенштейн, Р.Н. Щербакова и др. Разработкой теории интеграции образования занимались М.Н. Берулава, Н.В. Василенко, В.А. Игнатова, Б.М. Кедров, С.В. Рябова, Ю.Н. Семин, С.А. Старченко, Н.К. Чапаев, М.А. Чошанов и др. Интегративные курсы разных уровней от школы до вуза разработаны В.Г. Будановым, В.А. Гордиенко, О.Н. Голубевой, Т.Я. Дубнищевой, В.Н. Лавриненко, О.П. Мелеховой, А.Ю. Пигаревым, В.П. Ратниковым, Б.А. Савельевым и др.

Остается актуальной необходимость согласования непрерывного естественнонаучного образования путем описания его структуры с использованием интегративных связей различного уровня, построенных на единых принципах.

Изложенное выше определило *тему* нашего исследования: ***«Интегративный подход в содержании непрерывного естественнонаучного образования».***

Целью диссертационного исследования является теоретическое обоснование интегративного подхода к содержанию непрерывного естественнонаучного образования в предметных областях «Математика» и «Естествознание».

Объект исследования: непрерывное естественнонаучное образование.

Предмет исследования: формирование содержания естественнонаучного образования в системе «школа - вуз» на основе интегративного подхода.

Предмет исследования определил следующую **гипотезу исследования:** для согласования содержания непрерывного естественнонаучного образования необходимо строить интегративный подход на единой основе, общей для всех уровней интеграции (от межциклового до внутрипредметного); в качестве такой единой основы следует использовать вариант тезаурусного метода, учитывающий специфику предметных областей «Математика» и «Естествознание».

Цель, предмет и гипотеза определили **задачи исследования:**

1. Анализ научной, научно-методической литературы и педагогического опыта по вопросам формирования содержания образования, непрерывного образования и интегративных тенденций в предметных областях «Математика» и «Естествознание».

2. Распространить тезаурусный метод для применения в предметных областях «Математика» и «Естествознание» путем учета структуры области научного знания.

3. Выделить понятия, обеспечивающие интегративный подход к содержанию естественнонаучного образования, путем учета их логического статуса.

4. Разработать программу курса на основе интегративного подхода и провести опытно-поисковую работу по его применению.

Теоретическую и методологическую основу исследования составляют принципы диалектического метода познания; теория системного подхода; идеи гуманизации и демократизации общества и образования. Большое значение для концепции исследования имеют личностно-деятельностный подход, а также ряд педагогических принципов оптимизации, интеграции и дифференциации, прогностичности и диагностичности, непрерывности образования.

Существенное влияние на логику проведенного исследования оказали фундаментальные работы в области теории содержания образования (В.И. Загвязинский, В.В. Краевский, В.С. Леднев, И.Я. Лернер, И.Г. Пустильник, А.В. Усова и др.), теории непрерывного образования (Б.С. Гершунский, П.Ф. Кубрушко, А.М. Новиков, В.А. Федоров и др.), теории интеграции образования (М.Н. Берулава, Б.М. Кедров, Ю.Н. Семин, С.А. Старченко, Н.К. Чапаев и др.).

Существенную роль в исследовании сыграли понятийный аппарат и качественные подходы логики (Н.С. Курнаков, Т.И. Челпанов и др.), синергетики (И. Пригожин, Г. Хакен, В. Эбелинг и др.), качественной теории дифференциальных уравне-

ний (А.А. Андронов, Д. Эрроусмит и др.). При проведении исследования были использованы данные истории и методологии точных наук (Г. Вейль, Е. Вигнер, А.В. Волошинов, М. Клайн, Д.Я. Стройк, И.М. Яглом и др.), истории культуры (Б.А. Рыбаков и др.) и психологии творчества (Ж. Адамар, Ж. Пиаже, А. Пуанкаре и др.).

При обработке результатов эксперимента использовались методы получения и анализа экспертной информации (Б.Г. Литвак, В.Е. Гмурман и др.).

В соответствии с целью и задачами исследования применялись следующие *методы*: изучение научной и педагогической литературы; моделирование и дидактическое проектирование; дедуктивный метод; наблюдение; анализ итогов сдачи экзаменов; анкетирование; статистическая обработка и графическое представление результатов.

Экспериментальной базой исследования явились: Екатеринбургский музыкальный лицей, Российский государственный профессионально-педагогический университет, Институт развития регионального образования (Екатеринбург).

Исследование проходило в три *этапа* с 1997 по 2002 годы:

Первый этап (1997 – 1998) включал в себя анализ современного состояния естественнонаучного образования, выявление противоречий в системе непрерывного естественнонаучного образования, изучение научно-методической литературы по вопросам непрерывного образования, интеграционных процессов в естественнонаучном образовании, программных материалов естественнонаучных дисциплин с целью выявления степени согласованности программ, формулировка гипотезы.

Второй этап (1999 – 2000) состоял в разработке теоретической базы исследования на основе сформулированной гипотезы, в создании программ (по заказу Министерства образования Свердловской области), использующих положения разработанной теории, проведении опытно-поисковой работы по разработанным и сертифицированным программам, составлении конспекта лекций различного уровня сложности: от лекций, предназначенных школьникам гуманитарной школы, до лекций для слушателей курсов повышения квалификации учителей естественнонаучного профиля. На этом же этапе проведена основная часть опытно-поисковой работы, состоящей в использовании разработанного интегративного подхода на уроках математики и естествознания в среднем звене Екатеринбургского музыкального лицея. Уточнилась гипотеза исследования.

На третьем этапе (2001 – 2002) завершилась опытно-поисковая работа, включающая применение интегративного подхода в преподавании математики, чтение курса «Естествознание» старшеклассникам музыкального лицея, студентам очного и

заочного обучения вуза гуманитарных специальностей, а также слушателям курсов повышения квалификации учителей естественнонаучного профиля. Исследование завершилось обработкой и оформлением результатов.

Научная новизна и теоретическая значимость исследования

1. Разработан вариант тезаурусного метода, в котором формирование полей дескрипторов (понятий) производится с помощью их ранжирования на основе анализа структуры исторически сложившихся научных дисциплин и их генезиса.
2. Выделены основные понятия (преобразование, инвариант, симметрия), обеспечивающие интегративный подход в предметных областях «Математика» и «Естествознание», по признаку двойного логического статуса этих понятий (общие индуктивные и первичные дедуктивные).
3. Доказано, что тезаурус, необходимый для реализации интегративного подхода в содержании непрерывного естественнонаучного образования, должен включать иерархию симметрий, лежащих в основе разделов математики, и связную систему принципов инвариантности естественных наук.
4. Разработана модель непрерывного естественнонаучного образования, реализующая интегративный подход различных уровней интеграции (от межциклового до внутрипредметного).

Практическая значимость исследования заключается в том, что:

- разработан интегративный подход, пригодный для использования в предметных областях «Математика» и «Естествознание»;
- предложенный подход позволяет строить изложение учебного материала для различных ступеней и профилей обучения с единых позиций;
- особое значение предложенный подход приобретает при согласовании содержания естественнонаучного образования при переходе от средней школы к вузу; для специальностей гуманитарного профиля на основе развитого подхода сформирован базовый курс «Основные концепции естествознания», который на вузовской ступени обучения в соответствии с учебными планами гуманитарных специальностей заменяет собой естественнонаучные предметы.

Апробация результатов исследования осуществлялась при проведении уроков математики (7-9 классы) и естествознания (10-11 классы) в Екатеринбургском музыкальном лицее, а также при чтении курсов лекций студентам дневной и заочной формы обучения РГППУ гуманитарных специальностей и учителям, повышающим квалификацию в ИРПО (Екатеринбург). Для этого были разработаны программы: «Учебная программа «Естествознание» (для школьников 10 - 11 классов)», «Про-

рамма учебной дисциплины «Основные концепции естествознания» для специальности «Профессионально-педагогические технологии» (03 05 43)», «Образовательная программа повышения квалификации учителей учреждений среднего образования «Естествознание»» и «Элементы математического моделирования (для 11 классов)».

Результаты исследования обсуждены и одобрены на следующих конференциях: международная научно-практическая конференция «Глобальное образование: педагогический поиск, находки, перспективы» (Санкт-Петербург, 1999), V научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов «Инновационные технологии в педагогике и на производстве» (Екатеринбург, 1999), научно-практическая конференция «Образование в Уральском регионе в XXI веке: научные основы развития» (Екатеринбург, 2000), международная конференция «Естествознание на рубеже столетий» (Дагомыс, 2001).

Положения, выносимые на защиту

1. Тезаурусный метод, основанный на формировании полей дескрипторов (понятий) с учетом их ранжирования на основе анализа структуры исторически сложившихся научных дисциплин и генезиса этих дисциплин.

2. Интегративный подход в предметных областях «Математика» и «Естествознание», основанный на понятиях «преобразование», «инвариант», «симметрия», выделенных с учетом их двойного логического статуса (общие индуктивные и первичные дедуктивные).

3. Тезаурус интегративного подхода, согласующего содержание непрерывного естественнонаучного образования, составленный с использованием иерархии симметрий, лежащих в основе разделов математики, и связанной системы принципов инвариантности естественных наук.

4. Комплект программ, реализующий интегративный подход для различных ступеней образования.

Структура и объём работы

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, шести приложений, списка литературы.

Основное содержание диссертации

Во **введении** обосновывается актуальность исследования, раскрываются цели, задачи и методы работы, определяются научная новизна и практическая значимость, формулируются положения, выносимые на защиту.

В **первой главе** «Анализ источников по основным направлениям исследования» выводится формулировка основного противоречия, присущего современному этапу

естественнонаучного образования; определяется предварительная постановка задачи, нацеленной на разрешение этого противоречия; проводится обзор литературы по таким темам, как содержание образования, непрерывное образование, теория интеграции образования и интегративные дисциплины.

При анализе современной ситуации, сложившейся в обучении естественнонаучным дисциплинам, выявлено противоречие между ростом содержания учебных естественнонаучных дисциплин и ограниченным количеством часов, отводимых в учебных планах на изучение естественнонаучных предметов. Появление этого противоречия связано с тем, что продолжающееся научно-техническое развитие приводит к непрерывному росту области научно-технических знаний. Следствием этого является постепенное переопределение учебных программ и появление новых. Обостряется проблема соотношения количества изучаемого материала и качества его усвоения. Для разрешения возникающего противоречия рассматриваются различные пути. Например, по одному из вариантов предлагается увеличить срок обучения в средней школе до 12 лет. Другой вариант решения связан с изменением направленности образования на личностно ориентированную. Анализируются и другие пути решения проблемы. На наш взгляд, все предлагаемые подходы характеризуются определенной односторонностью. Так, продление срока обучения до 12 лет лишь отодвигает решение проблемы, так как увеличение объема изучаемого материала не прекращается. С другой стороны, это решение касается только проблем среднего образования и не затрагивает систему образования в целом. Реализация личностно ориентированного подхода (Э.Ф. Зеер) или более гибкого социально-личностного подхода (Ш.А. Амонашвили, В.И. Загвязинский) требует, на наш взгляд, выделения дополнительного учебного времени. Но для освобождения учебного времени необходим пересмотр объема и структуры изучаемого материала, что опять возвращает нас к рассматриваемой проблеме.

Методологической основой данного исследования послужили работы, посвященные теории непрерывного образования (Б.С. Гершунский, Г.П. Зинченко, П.Ф. Кубрушко, А.М. Новиков, В.М. Самсонов, В.А. Федоров и др.). Рассматривая содержание образования и в частности естественнонаучного, мы опирались на работы В.И. Загвязинского, В.В. Краевского, В.С. Леднева, И.Я. Лернера, Г.М. Романцева, Е.В. Ткаченко, М.М. Балашова, Л.И. Громовой, Л.Я. Зориной, Г.Я. Мякишева, И.Г. Пустильника, А.Д. Суханова, А.В. Усовой, Э.Б. Филькенштейн, Р.Н. Щербакова и др. Вопросы теории интеграции рассмотрены в работах М.Н. Берулавы, Н.В. Василенко, В.А. Игнатовой, Б.М. Кедрова, С.В. Рябовой, Ю.Н. Семина,

С.А. Старченко, Н.К. Чапаева, М.А. Чошанова и др., позволили нам проанализировать программы и интегративные курсы, опубликованные В.Г. Будановым, В.А. Гордиенко, О.Н. Голубевой, Т.Я. Дубнищевой, В.Н. Лавриненко, О.П. Мелеховой, А.Ю. Пигаревым, В.П. Ратниковым, Б.А. Савельевым и др.

В проведенном нами исследовании показано, что в исторической практике человечества уже известны ситуации «переполнения информацией». Одна из них возникла в конце индуктивного (эмпирического) этапа развития математики. Она нашла свое разрешение в появлении особого структурного элемента математики и других наук - логики. Второй пример связан со следующим этапом развития математики. Его характеризует высказывание известного историка математики Стройка о том, что к 1870 году математика разрослась в огромное и хаотичное здание, состоявшее из большого числа частей, дорожку в которых могли найти только специалисты. Даже такие математики, как Эрмит, Вейерштрасс, Кели, Бельтрами, могли продуктивно работать самое большее лишь в немногих ее областях. Эта специализация все время росла и сейчас она достигла устрашающих размеров. В данном случае найденное разрешение ситуации отражено в знаменитой Эрлангенской программе Феликса Клейна, основная идея которой состояла в наделении математики четкой внутренней структурой, ядро которой составляет понятие симметрии.

Обобщая результаты проведенного анализа, можно утверждать, что возникающие кризисы «переполнения информацией» разрешаются посредством создания или усложнения внутренней структуры объекта. Следовательно, правомерно предположить, что и обозначенная в исследовании проблема современного естественнонаучного образования может иметь аналогичное решение.

В соответствии со схемой деления области научных знаний, предложенной В.С. Ледневым, научную дисциплину «Педагогика» следует относить к центральной отрасли научного знания, то есть к наукам, изучающим антиэнтропийную организацию материи. Для комплекса таких наук принят общий термин «синергетика» - наука об открытых термодинамических системах. К открытым системам принято относить системы, обменивающиеся с окружающей средой веществом, энергией и количеством движения (в обобщенном смысле слова речь идет о системах, свойства которых определяются обменом информацией с окружающей средой (И. Пригожин)). Очевидно, что объект педагогики является открытой системой, а сама педагогика относится к наукам, изучающим антиэнтропийную организацию материи (В.Г. Буданов, В.Г. Виненко, Е.Н. Князева, С.П. Курдюмов, Т.С. Назарова, В.С. Шаповаленко, Г.Н. Сериков, А.Д. Суханов и др.).

Одной из важнейших закономерностей открытых систем является то, что при достижении критических значений параметров воздействия на систему она откликается усложнением своей структуры. Такое усложнение является способом решения системой напряженных задач, поставленных перед ней внешним воздействием, для восстановления динамического равновесия с окружением.

Растущий объем информации можно рассматривать как внешнее воздействие на предмет, исследуемый педагогикой. Когда внешнее воздействие достигает некоторых критических значений, происходит усложнение структуры содержания образования, которое проявляется в выстраивании интегративных связей между структурными единицами содержания объекта (Фалес Милетский, Пифагор, Евклид, Аристотель, Феликс Клейн). Это подтверждается историей педагогики и - в более широком смысле - историей человеческой культуры.

Усложнение структуры естественнонаучного образования, на наш взгляд, должно проявиться в появлении новых структурных элементов при создании системы непрерывного образования.

Проведенный нами анализ работ, посвященных конкретным интегративным курсам предметной области «Естествознание» и самих курсов, позволяет сделать заключение о существовании множества различных подходов к формированию их задач и содержания. Подобные курсы являются одним из проявлений установления межцикловых интегративных связей. Выделить единые критерии их построения представляется затруднительным. Тем не менее в качестве общей задачи таких курсов обычно рассматривается формирование целостной картины мира с современных научных позиций. Эта задача не обосновывается, а декларируется. Поэтому структуры предлагаемых интегративных курсов устанавливаются по произволу авторов, а критерии отбора содержания не только не обсуждаются, но и, как правило, не формулируются в явном виде. Кроме того, введение такого дополнительного курса не всегда оправданно, так как связано с увеличением и без того большой нагрузки обучающихся.

На основе анализа источников сделан вывод, что для согласования содержания естественнонаучного образования необходимо:

- модифицировать тезаурусный метод для применения в предметных областях «Математика» и «Естествознание» путем учета структуры области научного знания;

- сформировать тезаурус интегративного подхода путем учета логического статуса дескрипторов (понятий);

провести опытно-поисковую работу по применению интегративного подхода на основе разработанных программ.

Во второй главе «Теоретические аспекты интегративного подхода в системе непрерывного естественнонаучного образования» с целью определения структуры непрерывного естественнонаучного образования исследована аналогия между объектом педагогики и объектами, изучаемыми синергетикой. В рамках данной аналогии проведен анализ истории науки с позиций закономерностей, присущих открытым термодинамическим системам. Его результаты перенесены на сквозную линию естественнонаучного образования, следуя которой учащийся в ускоренном темпе проходит все этапы исторического развития естественных наук.

Начальная школа сродни индуктивному этапу развития науки, когда сумма естественнонаучных знаний сравнительно невелика и сосуществует в двух курсах – математики и естествознания. Здесь имеет место межпредметная интеграция аналогичная слитному сосуществованию наук на индуктивном этапе их развития.

Переход к средней школе аналогичен переходу к дедуктивному этапу, когда логический метод позволил систематизировать большой объем накопленных знаний, что и привело в дальнейшем к дифференциации различных отраслей естественнонаучного знания. Переход к средней школе в современной системе образования связан также с увеличением содержания образования и необходимостью его структурирования. При этом курс «Естествознание», изучаемый в начальных классах, расчленяется на курсы физики, химии, биологии, т. е., происходит дифференциация естественнонаучного знания по различным направлениям, т. е., сквозная линия естественнонаучного образования (В.С. Леднев) распадается на несколько ветвей, соответствующих разным курсам. По мере увеличения объема изучаемого материала сами курсы распадаются на отдельные дисциплины (расположенные параллельно или последовательно). Между процессами дифференциации поперечного среза содержания естественнонаучного образования и ступенями, на которые делится сквозная линия, существует корреляция. Необходимо учитывать, что единую модель описанной разветвленной структуры, для различных профессиональных ориентаций, невозможно реализовать. Поэтому в последнее время появилось много профильных учебных заведений: лицеев, гимназий, школ с различными уклонами.

В большинстве случаев профилизация начинается в старших классах, что означает все возрастающую дифференциацию содержания образования, т. е. структура содержания образования снова усложняется, а сквозные линии испытывают дальнейшее дробление, продолжающееся в вузе. Это приводит к рассогласованию элемен-

тов структуры содержания образования (П.Ф. Кубрушко). Такая ситуация (связанная с усложнением структуры) имела место в точных науках конца XIX – середины XX в. Организация новой структуры в математике связана с появлением Эрлангенской программы Ф. Клейна, в физике это нашло выражение, например, в трактовке Е. Вигнером структуры области научных знаний как иерархической.

В настоящее время рассогласование в системе образования усилилось. В общем виде эта проблема и методы ее разрешения описаны П.Ф. Кубрушко. В настоящий момент система непрерывного естественнонаучного образования находится в критической точке, порожденной объективными причинами (пересыщение информацией). После прохождения критической точки она должна измениться, откликнувшись на возрастающее давление усложнением своей структуры аналогично тому, как это произошло в математике и происходит в области других точных наук. Это усложнение должно выразиться в появлении в системе непрерывного естественнонаучного образования специальных элементов для организации согласования его содержания. Этими элементами могут быть интегративные связи различного уровня: от внутрипредметных до межцикловых, в роли которых выступают специальные узловые курсы (рис. 1). Организация этих интегративных связей на единой основе и составляет содержание интегративного подхода. Вводимые нами узловые курсы отличаются от традиционных интегративных курсов «Естествознание» тем, что они имеют другое назначение: они систематизируют связи между дисциплинами базовых курсов и не предназначены для замены самих курсов.

Предлагаемая в нашем исследовании модель непрерывного естественнонаучного образования включает в себя такие узловые курсы (см. рис. 1). Они позволяют наиболее полно реализовать интегративные связи всех уровней. Основной особенностью данной схемы является создание условий для осознанного выбора различных вариантов профиля обучения при переходе с одной ступени обучения на другую. Узловые курсы позволяют разгрузить конкретные дисциплины от дублирования содержания, не вмешиваясь в компетенцию каждой из них. В исследовании сформулированы следующие задачи подобного узлового курса:

- актуализация естественнонаучных знаний в широком смысле слова;
- формирование общей картины мира на доступном для данного этапа обучения уровне с обозначением в ней роли и места отдельных естественных дисциплин;
- формирование умения осознанно пересекать междисциплинарные границы.

Реализовать предлагаемую модель можно следующим образом: S1-блок естественнонаучных дисциплин и математики основной школы, тогда I1- узловой курс,

являющийся, с одной стороны, итогом этих дисциплин и, с другой стороны, введением в новый блок S2, относящийся к более высокой ступени. Литерами А,В,С обозначены блоки естественнонаучных дисциплин, соответствующие профилизации обучения (как гуманитарной, так и естественнонаучной). Узловые курсы I2 выполняют роль курса I1, но на более высоком, уже специализированном этапе обучения. Курсы I2 как бы подводят итог школьному естественнонаучному обучению и подготавливают осознанный переход к следующей ступени обучения.

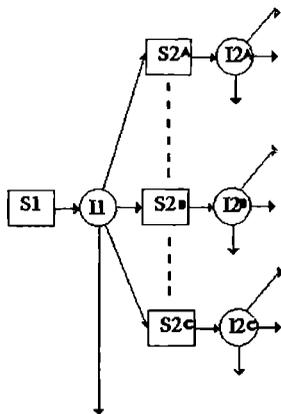


Рис.1.

Модели непрерывного естественнонаучного образования:

S - блоки частных естественнонаучных дисциплин; I - узловые курсы;

1, 2 - этапы обучения; А, В, С - профили обучения

Необходимо отметить, что в случае гуманитарной специализации на вузовской ступени обучения блоки, обозначенные литерой S, сливаются, превращаясь в одну дисциплину с литерой I. Практически реализован последний вариант, когда частные естественнонаучные предметы заменены одним курсом «Концепции современного естествознания». Цепочки на рис. 1 не завершены, возможно их продолжение, например, переподготовка кадров, курсы повышения квалификации и т.д.

В главе II предложено решение вопроса, касающегося принципов формирования узловых курсов и интегративных связей более низкого уровня. Такие связи необходимо формировать при определении структуры содержания естественнонаучного образования, исходя из структуры его детерминанты - области научных знаний.

Анализ области научных знаний в данной работе проведен с применением разработанного нами метода построения пересечения множеств понятий, развиваю-

шего тезаурусный метод и метод сечений, используемый В.С. Ледневым. Известный в педагогике метод сечений основан на использовании ограниченного набора парных категорий (3 пары) для характеристики места конкретной науки в области научных знаний. Однако он не позволяет анализировать связи между различными научными дисциплинами. Это становится возможным, если в качестве характеристик научных дисциплин использовать все их существенные понятия (дескрипторы). Анализ пересечения множеств понятий (дескрипторов), в отличие от метода сечений, является более гибким инструментом исследования.

Разработанный нами метод применен для анализа расширенной предметной области: естественнонаучные дисциплины и математика (рис. 2). Имеются понятия, которые относятся только к одной дисциплине и являются существенными только для нее. Имеются понятия, принадлежащие попарному пересечению множеств, т. е. являющиеся существенными для двух дисциплин одновременно. И, наконец, можно выделить понятия, являющиеся существенными для всей расширенной предметной области. Они образуют ядро множества понятий всех рассматриваемых дисциплин.

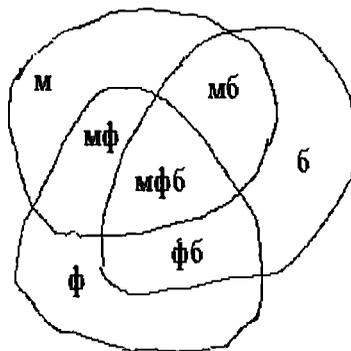


Рис.2.

Схема пересечения множеств понятий (дескрипторов):

М - математики, Ф - физики, Б - биологии

Данное построение формально напоминает известный тезаурусный метод в варианте Ю.Н. Семина. Тезаурус в указанном варианте строится как пересечение дескрипторов монодисциплин, отобранных на основе метода экспертных оценок. К дескрипторам Ю.Н. Семин относит гипотезы, теоремы, леммы и основные понятия, ранжированные узкой группой специалистов. Такой подход представляется излишне субъективным, он не учитывает исторически сложившуюся структуру соответствующих научных дисциплин, отражающую вклад всех поколений исследователей, а не только данной группы специалистов. Подход Ю.Н. Семина, безусловно, оправдан

для анализа структуры и связей узкоспециальных родственных дисциплин, но в случае анализа структуры и связей таких дисциплин, как логика, математика, физика, химия, биология, он представляется малопродуктивным. В данном исследовании использован тезаурусный метод, модифицированный нами на основе схемы области научных знаний Е. Вигнера. Эта схема представляет собой одну из возможных схем ранжирования дескрипторов в области точных наук. Она состоит из трех частей: явления природы, законы природы и принципы инвариантности, причем каждая последующая наделяет структурой предыдущую. В оригинальном варианте схемы Е. Вигнера ее построение выполнено на материале одной физики и применяется для решения специфически физической проблемы – обоснование деления принципов инвариантности физики на две категории: классические и динамические. Заметим, что схема Е. Вигнера является итогом развития науки и ее главная функция заключается в выделении уровней интеграции научного знания. Использование идеи обобщенной симметрии (Г. Вейль) позволяет распространить схему Е. Вигнера на всю область естественнонаучных знаний. В диссертационной работе при анализе проблем содержания непрерывного естественнонаучного образования использована обобщенная схема деления области научных знаний. Деление области научных знаний на три иерархических уровня позволяет провести идентификацию каждой научной дисциплины множеством ее существенных понятий (дескрипторов). В качестве существенных принимаем понятия, входящие в основные законы (леммы, теоремы, гипотезы, модели и т. д.) научных дисциплин. При этом сами законы ранжированы принципами инвариантности. Кроме того, основные законы в дисциплинах, имеющих длительную историю развития, выделены достаточно отчетливо и ни у кого не вызывают сомнений (например, законы Ньютона в механике, три начала термодинамики, закон постоянства состава в химии, законы Менделя в биологии и т.д.). Таким образом, предлагается разделить множество дескрипторов по ролям, которые они играют в научных дисциплинах. Одни дескрипторы (принципы инвариантности, законы, леммы, теоремы, гипотезы, модели и т. д.) являются носителями исторически сложившейся структуры научных дисциплин и служат для определения степени значения других дескрипторов (понятий), которые идентифицируют области научных знаний.

Построение схемы Е. Вигнера опирается на ряд следующих общих понятий: явление природы, закон природы, симметрия, инвариант и др. По-видимому, эти понятия имеют отношение ко всем научным дисциплинам и составляют ядро множества научных понятий, т. е. лежат в пересечении всех его частей. Тем не менее

вопрос о существовании и составе ядра остается недостаточно ясным. Нам кажется, что ответ на этот вопрос дает не формальный логический анализ, а рассмотрение эволюции наук из слитного состояния на индуктивном этапе их существования. На рис. 2 приведена схема пересекающихся множеств понятий (дескрипторов). На ней выделена центральная область понятий, существенных для всех рассматриваемых научных дисциплин. Именно эти понятия (дескрипторы) естественно использовать для установления интегративных связей или отбора содержания узлового курса. Принцип отбора заключается в том, что мы будем использовать только тот материал конкретных дисциплин (законы, теоремы, модели и т.д.), который непосредственно опирается на выделенные понятия (дескрипторы) ядра и образует минимальный связный каркас узлового курса.

В главе II рассмотрены виды понятий, которые могут быть отнесены к ядру множества научных понятий, и даны их примеры. При этом установлено, что понятия (дескрипторы), входящие в центральную область, составляют слишком разнородную группу. Они различаются по своему логическому статусу (Н.С. Курнаков). Среди них есть первичные дедуктивные (лежащие в основе аксиоматических систем) и общие индуктивные (выработанные при непосредственном восприятии мира). С точки зрения построения учебных дисциплин это различие существенно.

Использование в качестве структурообразующих чисто индуктивных понятий приводит к формальному объединению различных дисциплин, не имеющему полезного содержания. Примером такого подхода является комплект программ дисциплины «Естествознание» (1992), где в качестве структурообразующего предлагалось понятие «феномен». Данное понятие индуктивное и из классической логики известно, что такие понятия имеют большой объем, но малое содержание. Относительная бессодержательность делает их бесполезными при построении нового курса или установления интегративных связей.

В свою очередь, первичные дедуктивные понятия лежат в основе строгих дедуктивных (аксиоматических) систем. Но они, как правило, ненаглядны и малопривычны. К тому же строгие логические построения с трудом воспринимаются подавляющим большинством людей. Такие чисто дедуктивные понятия, как элемент, множество и др., были использованы выдающимся математиком, академиком А.Н. Колмогоровым при построении курса геометрии средней школы. Отсутствие наглядности изложения материала в этом учебнике привело к отказу от него.

Для формирования внутри- и межпредметных интегративных связей, а также межцикловых, реализующихся в виде узлового курса, обозначенного на рис. 1 лите-

рой I, в диссертации взяты общие понятия, обладающие свойствами первичных дедуктивных и общих индуктивных понятий. Проведенный нами анализ позволил отнести к ним следующие: преобразование, инвариант, симметрия.

В нашем исследовании «симметрия» («обобщенная симметрия») понимается в смысле Г. Вейля: пусть имеется группа преобразований S , сохраняющая структуру некоторых объектов A_1, A_2, \dots, A_n . Пусть из нее выделена подгруппа преобразований S' , сохраняющая структуру объектов A_1, A_2, \dots, A_n и дополнительно объектов $A_{n+1}, A_{n+2}, \dots, A_N$. В этом случае говорят, что объекты $A_{n+1}, A_{n+2}, \dots, A_N$ симметричны относительно преобразований подгруппы S' . Такое использование приводит к построению иерархии симметрий, которая является универсальной схемой упорядочения явлений и законов окружающего мира. Роль понятия «симметрия» для естественных наук и математики наилучшим образом раскрывается через принципы инвариантности.

В исследовании показано, что изложение материала курса, опирающееся на идею обобщенной симметрии и принципы инвариантности, выстраивается в компактную и целостную картину от законов механики до структурных уровней вещества в физике. Последнее позволяет, с одной стороны, перейти к описанию картины эволюции Вселенной и материи в ней, а с другой стороны – к описанию понятия химической реакции на основе инвариантности химических пропорций. Затем естественным является переход к описанию кинетики нелинейных химических реакций, приводящих к возникновению структуры, если система является открытой. При этом раскрывается связь понятия «симметрия» с понятиями «эволюция» и «самоорганизация», а через них перебрасывается мостик к синергетике – науке о процессах в открытых системах. Синергетика позволяет рассмотреть самоорганизацию при эволюции социальных и экономических систем. Возникающая картина мира имеет логические разрывы, но они легко перекрываются благодаря наглядности конкретных форм симметрии, т. е. благодаря ее статусу общего индуктивного понятия.

Возможность построения компактной и связной картины мира является свидетельством того, что выделенные понятия (преобразование, инвариант, симметрия) являются эффективной основой интегративного подхода. Иногда анализ, опирающийся на значения выделенных понятий для точных наук в их современном состоянии, оказывается затруднительным или недостаточным, поэтому мы действуем через раскрытие роли симметрии в развитии и становлении этих наук. С данной целью в работе исследована роль симметрии при переходе от индуктивного этапа развития науки к дедуктивному и в процессе становления современной математики.

Роль симметрии и связанных с ней понятий в установлении интегративных

связей не ограничивается кругом точных наук. Нами рассмотрена роль симметрии для формирования индивидуального сознания на материале исследований психолога Ж. Пиаже, а также на материале исследований по психологии творчества выдающихся математиков А. Пуанкаре и Ж. Адамара. Формирование представлений о симметрии начинается в древней истории человечества. В работе приводится материал археологических и этнографических исследований академика А.Б. Рыбакова, который говорит о необычайной устойчивости образов, связанных с различными формами симметрии в общественном сознании. Об этом же говорят многочисленные примеры из различных областей искусства (Г. Вейль, А.В. Волошинов).

Проведенное во второй главе исследование позволило:

- развить тезаурусный метод для согласования содержания непрерывного естественнонаучного образования;

- выделить основные понятия (преобразование, инвариант, симметрия) с учетом их двойного логического статуса (общие индуктивные и первичные дедуктивные), формирующие тезаурус интегративного подхода;

- обосновать, что формирование тезауруса, необходимо проводить, используя конкретное содержание этих понятий, которое включает иерархию симметрий, лежащих в основе разделов математики, и связную систему принципов инвариантности естественных наук.

- разработать модель непрерывного естественнонаучного образования, реализующая интегративный подход различных уровней интеграции (рис. 1).

В третьей главе «Опытно-поисковая работа по применению интегративного подхода в содержании различных этапов естественнонаучного образования. Содержание и особенности узлового курса «Естествознание»» показаны варианты применения интегративного подхода к содержанию образования различных ступеней и направленностей, а именно: в курсе математики средней ступени школы; в старших классах музыкального лицея (курс «Основы современного естествознания», заменивший собой все предметы естественнонаучного цикла); для студентов гуманитарных специальностей дневного отделения РГППУ; для студентов заочного отделения РГППУ направления «Теология».

Развитый интегративный подход, применен при изложении курса математики средней школы. Это позволило повысить качество обучения, усиливая познавательную активность через развитие интереса к учебному материалу. Особенно остро такая необходимость возникает в учебных заведениях гуманитарного профиля.

Повышение качества обучения подтверждают данные опытно-поисковой ра-

боты, проведенной в 1998 – 2001 гг. в средней профессиональной музыкальной школе – лицее при Уральской государственной консерватории им. М.П. Мусоргского. Начиная с 7-го класса, в течение трех лет на уроках математики использовался интегративный подход. Параллельный класс служил контрольной группой. Результаты этой работы приведены на рис. 3. Итоговое улучшение показателя экспериментального класса на 0,575 балла выходит за «коридор» случайных колебаний от 3,75 до 4, зафиксированный в контрольном классе, чем подтверждается надснжность результатов эксперимента. Необходимо отметить, что «срез знаний» является официальной контрольной работой, проводимой администрацией в конце каждого полугодия с целью проверки соответствия требованиям образовательного стандарта.

Педагогическая практика показывает, что традиционно результаты аналогичного «среза знаний» в школах, не специализированных в естественнонаучном направлении, ухудшаются к 9-му классу. Предлагаемая методика позволяет переломить эту отрицательную динамику. В главе III приведены также сравнительные результаты итоговых экзаменов по математике после применения интегративной методики в течение одного, двух и трех лет. Результаты подтверждают, что применение методики позволяет устойчиво повысить уровень познавательной активности учащихся на уроках математики, что привело к улучшению показателей экзамена по математике в музыкальном лицее. В работе приведены примеры дидактических материалов, используемых на уроках математики.

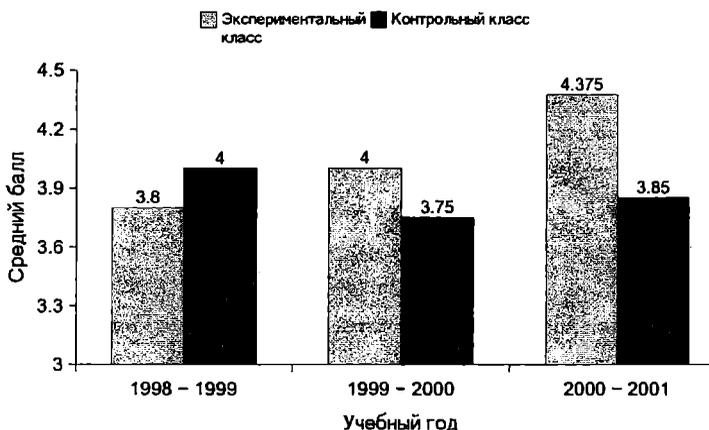


Рис. 3.

Динамика среднего балла «среза знаний» по алгебре за три учебных года (7, 8, 9-й классы) применения интегративного подхода в математике и естественнонаучных дисциплинах в музыкальном лицее

В диссертационной работе приведены результаты опытно-поисковой работы по реализации интегративного подхода в форме узлового курса «Естествознание», предназначенного для использования в возможной структуре содержания непрерывного естественнонаучного образования (см. рис. 1). В приложениях к диссертации приводятся разработанные в исследовании программы данного курса для школьников старших классов, студентов вузов и слушателей курсов повышения квалификации. Структурно программы различных вариантов курса близки, но его особенности позволяют легко адаптировать содержание к различному уровню подготовленности слушателей. Узловой курс «Естествознание» состоит из следующих разделов: 1. Введение, 2. Логика-основа естествознания, 3. Понятие симметрии, 4. Значение симметрии для математики и естественнонаучных дисциплин, 5. Симметрия и её нарушение-основа формирования сознания.

В первой части определяются задачи учебного предмета «Естествознание» в свете современной научной картины мира и описывается структура расширенной области, включающей математику и естественные науки. Подчеркивается особая роль в этой картине таких понятий, как преобразование, инвариант, симметрия.

Во второй части даются элементы классической логики и на их основе анализируются различные типы понятий. Описывается двойной логический статус понятий «преобразование», «инвариант», «симметрия», являющихся общими индуктивными и первичными дедуктивными понятиями в каждой из своих конкретных форм.

В третьей части описываются различные конкретные виды геометрических симметрий, выстраивается иерархия симметрий и дается представление об обобщённой симметрии (Герман Вейль).

В четвёртой части показано значение симметрии для организации естественнонаучных дисциплин и математики. При формировании содержания этой части обнаружилось, что в процессе модификации тезаурусного метода возникает связанная система принципов инвариантности, которая позволяет создать компактную и целостную картину от механики до биологии.

В пятой части курса «Естествознание» показано, что представления о симметрии имеют глубокие корни в истории человечества. Это сделано на примере различных видов геометрических симметрий, которые демонстрируют орнаменты ритуальных узоров по данным археологии (Б.А. Рыбаков). Показано значение симметрии и ее нарушений для различных видов искусства. Затем на примерах из работ Ж. Пиаже доказывается, что обобщенная симметрия играет существенную роль в структуре и становлении индивидуального сознания человека. Именно по этой при-

чине изложение, построенное на основе иерархии симметрий, легко и естественно воспринимается слушателями. В этой же части на основе работ по психологии творчества выдающихся математиков А. Пуанкаре и Ж. Адамара рассматривается феномен культуры в свете иерархии симметрий, упорядочивающей наши представления об окружающем мире. Очевидно, что такое строение курса определено его базовыми понятиями, установленными во второй главе диссертационной работы, с которыми связаны и следующие особенности курса:

- структура курса слабо зависит от строгости его изложения, так как оно строится по плану дедуктивных систем, но с опорой на индуктивную сторону базовых понятий (считается возможным, например, не доказывать теоремы, а иллюстрировать их убедительными примерами);

- курс имеет кольцевую структуру, его последний раздел возвращает нас к первому, так как в нем рассматривается формирование категорий логики (Ж. Пиаже) и соотношение логики и психологии в научной картине мира с позиций симметрии;

- курс может опираться на качественные, а не количественные методы изложения точных дисциплин (на них же опирается работа нашего сознания).

Последняя особенность позволяет активизировать роль учащихся в учебном процессе и рассматривать сложные вопросы науки на доступном уровне, планомерно углубляя их дедуктивную составляющую. К тому же здесь появляется возможность демонстрации глубинных связей между различными областями науки и культуры, которые активизируют эвристические способности учащихся.

Свойства данного узлового курса приводят к тому, что он вызывает интерес и обеспечивает внимание слушателей широкого круга специализаций, что подтверждается результатами анкетирования студентов и других категорий слушателей. Анкеты обрабатывались с применением методов математической статистики. Они позволили установить четкую корреляцию между уровнем творческой активности слушателей и ответами на ключевые вопросы анкеты. Вне зависимости от категории слушателей положительный ответ на вопрос о необходимости изучения данного курса дают от 60% до 95% из них.

Результаты опытно-поисковой работы показывают, что:

- *применение интегративного подхода на уроках математики (межпредметный уровень) позволило повысить познавательную активность учащихся, что привело к улучшению качества обучения;*

- *курсы (межциклового уровня интеграции), прочитанные по программам, разработанным в рамках интегративного подхода, позволяют сформировать у*

слушателей различных профилей и ступеней образования целостную естественнонаучную картину мира.

В *заключении* подведены общие итоги проделанной работы и приведены основные результаты исследования.

1. Развитие метода сечений В.С. Леднева и тезаурусного метода позволило сформировать основу интегративного подхода в содержании непрерывного естественнонаучного образования.

2. Выделены следующие базовые понятия, являющиеся одновременно общими индуктивными и первичными дедуктивными: преобразование, инвариант, симметрия. Двойной логический статус этих понятий позволяет достичь компромисса между чисто описательным и строго дедуктивным изложением учебного материала.

3. Разработанные принципы интегративного подхода использовались для установления интегративных связей в предметных областях «Математика» и «Естествознание» с целью повышения познавательной активности учащихся на уроках математики в музыкальном лицее.

4. На базе проведенного исследования разработаны и сертифицированы программы, реализующие различные варианты узлового курса «Естествознание», и проведена их апробация в общеобразовательном учебном заведении (музыкальном лицее), в вузе, а также на ФПК учителей естественнонаучного профиля.

Данная работа не претендует на охват всех уровней интеграции содержания образования. За рамками исследования остались проблемы формирования внутрипредметных интегративных связей. Это связано с использованием минимального уровня описания структуры множества научных понятий, необходимого для раскрытия сути интегративного подхода, но недостаточного для его полной реализации.

Материалы исследования отражены в 14-ти публикациях, важнейшими из них являются

1. Гапонцева М.Г., Аркавенко Л.Н., Гапонцев В.Л., Белоусова О.А. Аксиоматический метод в формировании стехиометрических знаний // Первое сентября: Ежегод. прилож. «Химия». 1995. - №18. - С. 7.

2. Гапонцева М.Г., Аркавенко Л.Н., Гапонцев В.Л., Белоусова О.А. Стехиометрические отношения в решении задач по уравнениям химических реакций // Первое сентября: Ежегод. прилож. «Химия». 1995. - №25. - С. 7.

3. Гапонцева М.Г., Гапонцев В.Л., Ткаченко Е.В., Федоров В.А. Курс «Естествознание» как интегрирующий фактор непрерывного образования // Образование и

наука: Изв. Урал. отд. РАО. 2001. - №3. - С. 3-18.

4. Гапонцева М.Г., Федоров В.А. Интегративный подход в математике и естествознании как средство развития познавательной активности учащихся // Образование и наука: Изв. Урал. отд. РАО. 2002. - №4 (16). – С. 123-140.

5. Гапонцева М.Г. Программа «Элементы математического моделирования (для 11 классов)» // Сб. программ и методических материалов по образовательной области «Естественные дисциплины» (базисный учебный план Свердловской области). Екатеринбург, 1996. - С. 154 - 156.

6. Гапонцева М.Г. Учебная программа «Естествознание» (для школьников 10 - 11 классов). Сертификат соответствия №0917, серия ОП. Выдан Министерством образования Свердловской области 24.02.99.

7. Гапонцева М.Г. Актуальность создания интегративного курса «Естествознание 10-11»: Тез. докл. V науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов УГППУ (27-28 апр. 1999 г.) «Инновационные технологии в педагогике и на производстве»: – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 1999. - С. 29.

8. Гапонцева М.Г. Симметрия - структурообразующее понятие курса «Естествознание 10-11»: Тез. докл. V науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов УГППУ (27-28 апр. 1999 г.) «Инновационные технологии в педагогике и на производстве»: – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 1999. - С. 30.

9. Гапонцева М.Г., Гапонцев В.Л., Ткаченко Е.В., Федоров В.А. Интегративный курс «Естествознание» в структуре непрерывного образования: Тез. докл. науч.-практ. конф. «Образование в Уральском регионе в XXI веке: научные основы развития», 4-7 апр. 2000 г. – Екатеринбург, 2000. - С. 128 - 130.

10. Гапонцева М.Г. Построение дисциплины «Естествознание» на основе системы принципов инвариантности: Тез. докл. межд. конф. «Естествознание на рубеже столетий». Дагомыс, 8-10 окт. 2001 г. - Дагомыс, 2001. - С. 41.