
ПРОБЛЕМЫ МЕТОДОЛОГИИ

УДК 37.001.76

DOI: 10.17853/1994-5639-2021-1-11-43

ВЗГЛЯД НА ПРОБЛЕМУ ОБЩЕГО КРИЗИСА ОБРАЗОВАНИЯ ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ ОПЫТА ИСТОРИИ НАУКИ.

Часть II. Структура содержания общего образования

В. Л. Гапонцев

*Уральский федеральный университет им. первого Президента России
Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия.
E-mail: vlgap@mail.ru*

В. А. Федоров¹, Е. М. Дорожкин²

*Российский государственный профессионально-педагогический университет,
Екатеринбург, Россия.
E-mail: ¹Fedorov1950@gmail.com; ²dorles@mail.ru*

Аннотация. Введение. В первой части настоящей работы рассмотрена структура научного знания в виде трехуровневой схемы его деления (область явлений природы, законов природы и принципов симметрии), в которой каждый последующий уровень наделяет структурой предыдущий. Согласно подходу В. С. Леднева, научное знание является детерминантом содержания общего образования. Соответственно, структура содержания общего образования также требует пересмотра.

Цель работы состоит в определении необходимого изменения структуры общего образования, соответствующего интегративным тенденциям, зафиксированным при формировании новой структуры научного знания.

Методология исследования опирается на идеологию Ф. Клейна (Эрлангенская программа) и представления Е. Вигнера об уровнях деления области научного знания (совокупность этих идей позволяет использовать их в качестве инструмента описания структуры научного знания и, как следствие, структуры содержания образования, детерминантом которого оно выступает); на личностно-деятельностный подход, развитый В. С. Ледневым для анализа структуры содержания образования, а также на подходы к описанию поведения сложных систем на основе закономерностей, установленных синергетикой.

Результаты и научная новизна. Предлагается ввести в структуру содержания общего образования новый элемент – сквозную линию «Структура научного знания (симметрия)». Его функцией является глобальная интеграция предметных сквозных линий общего образования. На этой основе возможно осуществление оптимизации содержания образования, уравнивающей процесс дифференциации научного знания. Это дает возможность решить одну из основных проблем общего кризиса образования, связанную с

непрерывным ростом объема научного знания и его фрагментацией. В работе учтено, что имеют место признаки стихийного формирования такого нового элемента структуры содержания образования. К ним относятся попытки введения курсов «Концепции современного естествознания» и «Естественно-научная картина мира», обсуждение возможностей применения синергетики в педагогике и активное обсуждение использования представлений о симметрии в рамках различных дисциплин – от гуманитарных до точных. Рассматривается возможность перспектив дальнейшего развития сформулированных представлений о структуре научного знания и структуре содержания общего образования в свете тенденций в области точных наук.

Практическая значимость. Представления о сквозной линии «Структура научного знания (симметрия)» будут использованы при целенаправленном пересмотре и перераспределении содержания предметных сквозных линий общего образования с целью его оптимизации, учитывающей высший уровень интеграции научного знания, возникший в ходе его эволюции.

Ключевые слова: кризис образования, симметрия, структура научного знания, структура содержания образования.

Для цитирования: Гапонцев В. А., Федоров В. А., Дорожкин Е. М. Взгляд на проблему общего кризиса образования через призму опыта истории науки. Часть II. Структура содержания общего образования // Образование и наука. 2021. Т. 23, № 1. С. 11–43. DOI: 10.17853/1994-5639-2021-1-11-43

A LOOK AT THE GLOBAL EDUCATIONAL CRISIS THROUGH THE LENS OF THE EXPERIENCE OF HISTORY OF SCIENCE Part II. The structure of general education content

V. L. Gapontsev

*Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin,
Ekaterinburg, Russia.
E-mail: vlgap@mail.ru*

V. A. Fedorov¹, Ye. M. Dorozhkin²

*Russian State Vocational Pedagogical University, Ekaterinburg, Russia.
E-mail: ¹Fedorov1950@gmail.com; ²dorles@mail.ru*

Abstract. Introduction. The first part of this work is devoted to the examination of the scientific knowledge structure as a three-level scheme of its division (the field of phenomena of nature, laws of nature and the field of symmetry principles), wherein each next level provides the previous one with its structure. According to V. S. Lednev's approach, scientific knowledge is a determinant of the general education content. Therefore, the general education content structure requires to be revised as well.

Aim. The aim of the current study is the determination of a needed alteration of the general education structure corresponding to integrative trends, which have been registered in the process of formation of the scientific knowledge new structure.

Methodology and research methods. The methodology of the study is based on the ideology of F. Klein (the Erlangen programme) and the ideas of E. Wigner about the levels of division of the scientific knowledge field (the totality of these ideas allows using them as a tool for description of the scientific knowledge structure and, consequently, of the structure of the education content, the determinant whereof it is); on the personal-activity approach developed by V. S. Lednev for the analysis of the structure of the education content, and on the approaches to description of the behaviour of complex systems on the base of regular laws established by synergetics.

Results and scientific novelty. A new element, specifically “Structure of scientific knowledge (symmetry)” through line, is proposed for introducing into the general education content structure. Its function is the global integration of subject-based through lines of the general education. On this basis, it is possible to optimise the content of education that balances the process of differentiation within scientific knowledge. It allows solving one of the topical issues of the global educational crisis related to the constant growth of the scientific knowledge volume and fragmentation thereof. The present paper takes into consideration that certain features of sporadic formation of such a new element of the education content structure take place. Among them, one can mention the attempts to launch “Concepts of the Modern Natural Science” and “Scientific World View” courses, discussion of possibilities to use synergetics in pedagogy and active discussion of use of the ideas of symmetry within various disciplines – from humanitarian to science, technology, engineering and mathematics (STEM). The perspectives of further development of formulated ideas about the scientific knowledge structure and the general education content structure in light of trends in STEM are also discussed.

Practical significance. The ideas about “Structure of scientific knowledge (symmetry)” through line will be utilised for task-oriented revision and re-distributing of the content of subject-based through lines of the general education with the aim of its optimisation, taking into account the highest level of the scientific knowledge integration, which was formed in the course of the evolution thereof.

Keywords: educational crisis, symmetry, scientific knowledge structure, education content structure.

For citation: Gapontsev V. L., Fedorov V. A., Dorozhkin Ye. M. A look at the global educational crisis through the lens of experience of the history of science. Part II. The structure of general education content. *The Education and Science Journal*. 2021; 23 (1): 11–43. DOI: 10.17853/1994-5639-2021-1-11-43

Введение

Одной из главных причин общего мирового кризиса образования является перманентная дифференциация научного знания, возникающая как следствие роста его объема. Она приводит к усложнению картины научного знания, затрудняющему ее целостное восприятие. Анализ истории науки,

проведенный в первой части работы, показал, что способом восстановления целостной картины этого знания является перестройка его структуры [1]. Следует ожидать, что соответствующая перестройка должна иметь место и для содержания общего образования, поскольку научное знание является одним из его детерминантов [2]. Этот вывод основывается на теоретическом анализе, опирающемся на изучение эволюции структуры научного знания и его связи с содержанием общего образования. Вывод необходимо подкрепить соображениями, основанными не на спекулятивных теоретических построениях, а на анализе процессов в современной педагогической практике.

Наличие проблемы, связанной с фрагментацией единой картины мира, предлагаемой в рамках современного содержания общего образования, является общепризнанным. Для ее решения обычно предлагается активнее использовать межпредметные связи, но этого оказывается недостаточно для восстановления целостной картины, и возникает потребность в межпредметной интеграции более высокого уровня, чем связи между отдельными дисциплинами. В качестве конкретных решений в последнее время в педагогической практике были апробированы следующие варианты:

- 1) курсы «Концепции современного естествознания» (КСЕ) и «Естественно-научная картина мира» (ЕНКМ);
- 2) акцент на использовании представлений о симметрии;
- 3) применение синергетического подхода.

Логика введения дисциплин КСЕ и ЕНКМ заключалась в том, что они затрагивают общие аспекты различных традиционных предметов, относящихся к содержанию общего образования. Не всех, но хотя бы таких, как математика, физика, химия и биология, а также философия науки. Представления о симметрии оказались востребованы в силу их универсальности, они находят применение почти во всех дисциплинах, включенных в содержание общего образования, – от точных (математика, физика, химия) до биологии, психологии и органично вписываются в гуманитарные дисциплины (литература, живопись, музыка и т. д.). Синергетический подход также вызвал определенные надежды в связи со своей универсальностью, по крайней мере, в отношении описания систем, эволюция которых под внешним воздействием определяется коллективными взаимодействиями частей системы. Он с успехом применяется как при анализе физических и химических процессов в открытых системах, так и при изучении процессов в экономике и социальных процессов в обществе. Таким образом, мотивы привлечения указанных выше вариантов межпредметной интеграции для включения их в содержание общего образования связаны с их относительной универсальностью.

Целью нашей работы является определение необходимого изменения структуры общего образования, соответствующее интегративным тенденциям, зафиксированным при формировании современной структуры научного знания.

Гипотеза состоит в том, что структура содержания общего образования должна быть приведена в соответствие с современной структурой научного знания.

Для проверки гипотезы необходимо решить исследовательские задачи:

1) проанализировать эффективность применения с точки зрения соответствия формирующейся структуре научного знания курсов «Концепции современного естествознания» и «Естественно-научная картина мира», синергетического подхода и представлений о симметрии;

2) установить необходимые изменения структуры общего образования для ее приведения к современной структуре научного знания.

Анализ результатов введения в содержание общего образования курсов «Концепции современного естествознания» и «Естественно-научная картина мира»

Наличие тенденции к стихийному формированию нового элемента структуры содержания общего образования, который специализируется на интеграции остальных элементов структуры, можно увидеть в появлении курса «Концепции современного естествознания». Этот курс имел широкое распространение и был предназначен для формирования целостной картины мира у студентов всех специальностей [3–6]. Он характеризовался стремлением к широкому охвату проблем, связанных с точными науками, – от общепhilosophических вопросов до вопросов теории биологической эволюции и современных космологических представлений. Для регламентации содержания курсов КСЕ в Российской Федерации в 2000 г. были приняты Государственные образовательные стандарты (ГОС). Анализ соответствия ГОСам этих курсов Аттестационных педагогических измерительных материалов (АПИМ), проведенный в работе, показал, что «основная объективная причина трудностей, стоящих перед разработчиками ГОС и АПИМ... состоит в нерешенности некоторых теоретических вопросов формирования структуры содержания естественно-научного образования и места курса КСЕ в этой структуре» [7].

Фактическая невозможность выделить на этот курс существенное количество учебных часов, забрав их из часов, предназначенных для традиционных дисциплин, неизбежно приводила, с одной стороны, к эклектизму содержания курса, а с другой стороны, к стремлению лектора установить

приоритет своей специальности. В итоге вместо единой и целостной картины научного знания возникло множество ее фрагментов: философский, физический, биологический и т. п. В результате к настоящему времени курс КСЕ в основном выпал из учебных программ большинства специальностей. Мы связываем это с тем, что метод интеграции научного знания создателями данного курса был неправильно понят как простой охват наиболее значимых современных результатов всего спектра наук, а не исходил из приемов самоорганизации научного знания, выработанных в ходе его истории. Этот недостаток мы пытаемся устранить в данной работе, опираясь на находящуюся в настоящее время в процессе формирования структуру научного знания в виде иерархической схемы, верхние уровни которой дают более огрубленное, но одновременно более общее и компактное описание (рис. 1).

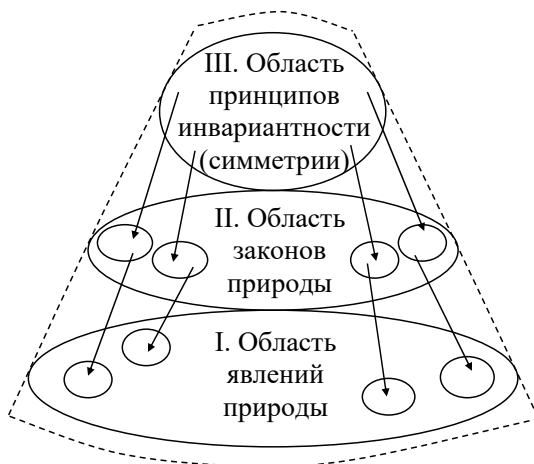


Рис. 1. Трехуровневая схема деления области научных знаний, сформированная согласно представлениям, развитым Е. Вигнером в приложении к квантовой теории поля [14]¹

Fig. 1. The three-level pattern of dividing the field of scientific knowledge formed according to the ideas developed by E. Wigner in the appendix to the quantised field theory [14]

¹Источник: [1, рис. 3].

Анализ результатов использования синергетического подхода в педагогике

Синергетика – это область неравновесной термодинамики, возникшая в 70-е гг. прошлого века. Она применяется для описания эволюции систем, особенностью которых является изменение структуры при достижении критических значений параметров, характеризующих внешнее воздействие. Одним из условий перестройки структуры является наличие коллективных эффектов, возникающих при взаимодействии частей системы. Синергетика находит применение в различных науках – от физики до экологии и социологии [1]. Трансдисциплинарный характер закономерностей, описываемых синергетикой, и внешнее соответствие условий ее применения характеристике объектов педагогики привели к попыткам использования идеологии синергетики в педагогике. Такие попытки осуществляются уже более 20 лет [8–13].

Использование синергетики в педагогике имеет два различных аспекта. Первый связан с организацией новой дисциплины, посвященной изучению синергетики, или введением элементов синергетики в уже существующие дисциплины. Это не решает проблем, возникающих из-за дифференциации наук, а только усиливает их. Второй аспект заключается в построении самого педагогического процесса в соответствии с идеями синергетики [13]. Не вдаваясь в детальный анализ предложений, ограничимся общим выводом: большинство из них в этом направлении сводятся к спекулятивным декларациям, опирающимся на формальные соответствия между макросистемами, описываемыми синергетикой, и объектами педагогики. Так, например, и те, и другие являются открытыми системами; и для тех, и для других существенную роль играют внутренние коллективные взаимодействия и т. д. Но с такой формальной точки зрения трамвай с пассажирами тоже должен быть объектом синергетики. Тем не менее его движение определяется расписанием, составленным диспетчером, а не закономерностями синергетики. Можно согласиться с мнением В. Б. Губина о том, что необоснованное использование терминологии синергетики в других областях, включая педагогику, ведет к дискредитации как синергетики, так и тех наук, куда стремятся внедрить «модную» идеологию (как правило, это гуманитарные науки) [14]. Для того чтобы избежать этой распространенной ошибки при попытке перенести идеи синергетики в сферу теоретической педагогики, следует, на наш взгляд, рассматривать общие условия выполнения синергетического подхода как необходимые, но недостаточные. Их нужно подтверждать обращением к эмпирическим особенностям поведения рассматриваемой системы. Попытка реализации

такого подхода была предпринята при анализе эволюции структуры научного знания [1]. Именно к такому подходу привела дискуссия в журнале «Образование и наука», посвященная применению синергетики в педагогике [15–20].

Использование представлений о симметрии в содержании общего образования

Остановимся на обсуждаемых в научно-педагогической литературе предложениях об использовании идей симметрии в образовании. Осуществляется попытка переноса принципов дополнительности и симметрии в педагогику [21, 22]. Такое расширение области применения данных принципов связывается с необходимостью изменения взгляда на проблему взаимодействия субъективного и объективного в ходе обучения. Принцип дополнительности лежит вне области проблем, затронутых в нашей статье. Охарактеризуем понимание принципа симметрии автором указанных работ. В одной из них сказано: «Принцип симметрии – это эвристический и методологический принцип научного исследования, в соответствии с которым определенные свойства и взаимосвязи объектов, формулируемые как законы в составе научных теорий, инвариантны относительно некоторых преобразований: составляют группу симметрии» [22]. Приведенная цитата почти точно повторяет смысл определения обобщенной симметрии Германа Вейля [23].

Представление о роли симметрии в современном образовании, близкое к описанному, содержится и в других работах, где даны примеры применения конкретных форм симметрии в различных областях – от математики до живописи и поэзии [24, 25]. На основании этого делается вывод о значении представления о симметрии для формирования целостной картины мира: «Через понятие симметрии можно дать те знания, которые отражают связанность отдельных частей мира как системы, научить представлять мир как единое целое, в котором все элементы взаимосвязаны» [25]. Такая возможность интеграции знаний различных областей, безусловно, наглядно проиллюстрирована, но не вскрыт сам механизм интеграции в том смысле, как мы его описали в первой части этой работы [1].

Во многих исследованиях акцентируется внимание на эстетическом моменте симметрии как факторе, играющем большую роль в формировании личности учащегося. С позиций симметрии рассматриваются понятия порядка и красоты в математике, подчеркивается роль современных представлений о формах симметрии (геометрия фракталов) [26–28]. Этот же подход применен в статье, опубликованной в журнале «Актуальные проблемы

современного образования» [29], и вызывает удивление, что в ней нет прямой связи с проблемами образования. Видимо, ее авторы молчаливо подразумевают очевидность такой связи.

При анализе категории симметрии в аспекте языкознания и литературоведения подчеркивается интегрирующая роль понятия «симметрия»: «... симметрия в искусстве помогает постичь философский постулат о единстве мира, категорий добра и зла, справедливости и подлости, лжи и истинности. Данная концепция позволяет по-новому взглянуть на задачи изучения этих проблем в науке и образовании» [30]. В качестве эпиграфа к этой работе приводится стихотворение, первые строки которого звучат так:

*О, симметрия! Я гимн тебе пою!
Тебя повсюду в мире узнаю.
Ты в Эйфелевой башне, в малой мошке,
Ты в елочке, что у лесной дорожки.*

Этот эпиграф довольно точно передает то представление о симметрии, которое доминирует в педагогической литературе. В его основе лежит, на наш взгляд, общепризнанная значимость понятия «симметрия» и его очевидное эмоциональное наполнение, но отсутствует представление о глубинном значении симметрии как способа упорядочения окружающей нас действительности.

Особое место среди публикаций о применении симметрии в образовании занимает монография Р. М. Нагдяна «Принцип симметрии в психологии и образовании» [31], в первой главе которой рассматриваются следующие аспекты:

1.1. Метафизический характер принципа симметрии и его методологическое значение в науке.

1.2. Проявления принципа симметрии в природе.

1.3. Значение принципа симметрии в познании.

1.4. О возможности применения принципа симметрии в качестве методологического принципа психологии.

Две следующие главы посвящены описанию роли принципа симметрии при анализе процессов восприятия и мышления (глава 2) и организации психологического эксперимента (глава 3). Итогом исследования является глава 4 «Проект концепции обучения, основанной на принципе симметрии». В последней главе дано «описание нового учебного предмета „Симметрика“. Программа этого предмета „...предусматривает создание четырехступенчатой системы обучения, охватывающей детей в возрасте от 7–8 лет до 16–17 лет...“. В этой же главе приведена «Программа первой ступени обучения и методические указания». Результаты, представленные в указанной монографии, с нашей точки зрения, весьма важны, их можно

рассматривать как начало фактического формирования некоторой новой предметной сквозной линии в содержании общего образования. Эта работа дает готовый материал для создания апикального курса¹ сквозной линии и выделения элементов этой сквозной линии, которые могут быть включены в качестве имплицитных элементов в другие сквозные линии. Что вызывает сомнение, так это направленность автора на создание отдельного предмета, посвященного освоению различных аспектов симметрии и рассчитанного на несколько лет обучения. Нам кажется, что более актуальна задача формирования представлений о структуре научного знания, реализуемой в настоящее время в виде трехуровневой схемы научного знания, верхний уровень которой связан с принципами симметрии [1].

Это различие позиций, по-видимому, связано с неопределенным употреблением Р. М. Нагдяном понятия «принцип симметрии». В монографии этому понятию не дано формального определения. Оно используется в наименовании книги и названиях разделов, а в тексте вместо него, как правило, используется понятие «принципы симметрии»: «Учитывая, что применение *принципов симметрии*² требует наличия соответствующего мировоззрения и формы (образа) мышления, в работе [Нагдян, 2005] в общих чертах была показана возможность введения в школьную программу факультативного курса, знакомящего обучающихся с *принципами симметрии* и способствующего формированию у них соответствующего мировоззрения и образа мышления» [31, с. 75].

И, наконец, нельзя не остановиться на фундаментальной работе Ю. А. Урманцева³ с характерным названием «Симметрия природы и природы симметрии» [32]. В своем исследовании автор ставит следующие вопросы: «Что такое симметрия? Каково ее место в природе, в науке и в познании? В чем причина такого ее значения? К сожалению, в большой литературе по симметрии, как отмечал В. И. Вернадский, мы не найдем удовлетворительных ответов на эти вопросы» [32, с. 5]. Ответ, предложенный Ю. А. Урманцевым, невозможно дать в компактной форме, приемлемой для нашей статьи. В качестве попытки охарактеризовать его труд приведем авторскую характеристику, с которой мы согласны: «...здесь впервые с единой точки зрения на симметрию, сформулированной в книге, рассмотрены не одна, а все основные – кристаллографические, геометрические, динамические – симметрии. В уже опубликованных монографиях, как правило, не охватываются

¹ Термин «апикальный курс» ввел В. С. Леднев. Это автономный курс сквозной линии: например, «алгебра» – апикальный курс сквозной линии «математика».

² Здесь и далее фрагменты цитат выделены авторами данной работы.

³ Юнир Абдуллоевич Урманцев – советский и российский философ, доктор философских наук, кандидат биологических наук, профессор, автор оригинального варианта общей теории систем (ОТС), построенного на анализе систем с позиций симметрии.

все разделы даже одного из трех отмеченных типов симметрии» [32, с. 6]. В дополнение к этой характеристике отметим еще одну деталь, которая, несмотря на ее с виду частный характер, представляется нам существенной: «В итоге мы видим, что на морфологическом уровне: 1) величина симметрии организмов в ходе эволюции жизни закономерно в тенденции падает, образуя многоветвистые эволюционные ряды симметрии; 2) на низших ступенях организмы представлены множеством видов симметрии. При этом их число много больше 32 – числа видов симметрии кристаллов. Однако к вершинам эволюционного древа число видов симметрии резко уменьшается, возникают многократно асимметризованные формы» [32, с. 127]. Это описание удивительно точно передает общую тенденцию природы, характеризующую эволюцию материи от момента Большого взрыва до настоящего времени, времени существования биологических и социальных систем: по мере уменьшения температуры и плотности энергии степень симметрии материи понижается. Эта достаточно известная закономерность детально обсуждается в работе [33] на основе использования принципа симметрии, сформулированного в исследовании [34]. На наш взгляд, к упущению в содержании работы [32] можно отнести отсутствие в ней анализа систематизирующей роли иерархии симметрий, проявляющейся в ходе эволюции научного знания, и, соответственно, отсутствие анализа последствий для структуры содержания общего образования, но это, по-видимому, и не входило в задачи ее автора.

Работы Р. М. Нагдяна и Ю. А. Урманцева создают основу для формирования нового структурного элемента содержания общего образования – сквозной линии, опирающейся на представления о симметрии, рассматриваемые как инструмент интеграции научного знания. При этом первый из них опирается в представлениях о симметрии на ее роль как общего индуктивного понятия, а подход второго ближе принятию роли симметрии как первичного дедуктивного понятия. Это соответствует нашему представлению о симметрии как о понятии, имеющем двойной логический статус [35]. Согласно нашему пониманию, история научного знания – это в значительной степени история формирования вначале содержания понятия симметрии как общего индуктивного понятия, а затем наполнение его содержанием первичного дедуктивного понятия. Поэтому естественно взять в качестве основы начала новой сквозной линии данные, предложенные в работе Р. М. Нагдяна, а при построении ее завершения ориентироваться на работу Ю. А. Урманцева. Отметим важную особенность предлагаемой нами новой сквозной линии: переходя от ее «индуктивного» начала к «дедуктивному» завершению, мы объединяем области интересов представителей двух культур, о которых говорил Чарльз Сноу, то есть представителей художественного мышления и представителей точных наук. Это трудный и, возможно, болезненный путь

к объединению на основе выработки общих представлений о симметрии, но может оказаться, что это единственный возможный путь. Возможность пройти его отчасти дает содержание рассмотренных выше работ [21, 22, 24–35]. В дополнение к ним могут быть использованы материалы, представленные, например, в таких популярных источниках, как монографии А. В. Волошинова [36, 37]: симметрия в изобразительном искусстве; монография Германа Вейля «Симметрия» [23], более специальная работа Б. А. Рыбакова, по которой можно изучать историю орнамента у древних славян [38]; учебник, рассматривающий теорию симметрии кристаллов [39]; монография Е. Вигнера о роли симметрии в теории поля [40] и множество других. В них дана исчерпывающая характеристика симметрии и как понятия наглядного, индуктивного, и как строго дедуктивного.

Все упомянутые выше публикации о применении понятия «симметрия» в образовании можно трактовать как стихийное признание необходимости формирования нового структурного элемента содержания общего образования – сквозной линии, предназначением которой является широкая междисциплинарная интеграция, а содержание самих публикаций использовать в качестве материала для формирования этого структурного элемента. Их недостатком, который призвана восполнить данная работа, является узость понимания задач применения представлений о симметрии в образовании, выражающаяся в употреблении термина «принцип симметрии», содержание которого не раскрыто. Чрезмерным представляется и акцент на роли симметрии в ущерб более общим подходам, связанным с применением аппарата высшей алгебры, что в перспективе может привести к ситуации, когда понятия дискретных и непрерывных групп симметрии окажутся частным случаем более общих понятий. Несмотря на возможность появления в математике более общих форм, приводящих к иерархической структуре научного знания, подобной рассмотренной в первой части этой работы, роль симметрии не уменьшится. Это связано с тем, что значение симметрии опирается не только на ее использование в спекулятивных построениях, но и на весь исторический опыт как индуктивного, так и дедуктивного этапов развития научного знания.

Попытки обращения к идеям симметрии в педагогике, введения синергетики в педагогическую практику и курсов КСЕ, ЕНКМ в содержание общего образования являются, на наш взгляд, эмпирическим подтверждением осознания необходимости модификации существующей структуры содержания общего образования и появления в ней нового элемента, основной функцией которого должна быть тотальная интеграция остальных элементов структуры. Этот вывод подкрепляет заключение о необходимости введения такого элемента в связи с формированием новой структуры науч-

ного знания, описанным в первой части этой работы [1]. Последнее заключение мы развернем в следующем разделе.

Структура содержания общего образования в свете современных представлений о структуре научного знания

Проведем анализ изменения структуры содержания общего образования в результате описанного в первой части настоящей работы изменения структуры научного знания [1]. Возможность и необходимость этого шага мы обосновываем тем, что, согласно подходу В. С. Леднева [2], именно научное знание является детерминантом содержания общего образования. Ввиду важности этого вопроса для реализации нашей цели нам необходимо более детально рассмотреть подход В. С. Леднева. Ученый исходил из того, что каждая из отраслей образования (общее и профессиональное) имеет свои детерминанты. Два наиболее значимых из них – это качества личности, инвариантные по отношению к осуществляемой деятельности, и вид деятельности, на который направлена эта отрасль образования. Общее образование¹ нацелено на познание закономерностей окружающего нас мира. Данный вид деятельности осуществляет научное знание, поэтому, по логике В. С. Леднева, структура содержания общего образования предопределена структурой научного знания: «В процессе обучения человек усваивает знания об окружающем нас мире... *И они всегда предметны...* Вот почему важнейшим компонентом деятельности является ее предмет. Поэтому педагогику... интересует наряду с инвариантно-деятельностной и предметная сторона обучения. Ею в случае общего образования выступает вся объективная реальность, включая и самого человека... Поэтому наш анализ и начинаем с обращения к предметной структуре научного знания» [2, с. 127–128].

В своем анализе В. С. Леднев сводит представление о структуре научного знания к проблеме классификации наук². Он описывает эту структуру в виде схемы, состоящей из «Центральной отрасли научного знания» и трех

¹Профессиональное образование направлено на изучение профессиональной деятельности, осуществляемой в социуме, и поэтому именно эта деятельность является детерминантом профессионального образования. Структура профессиональной деятельности тесно связана с понятием профессиональной специализации, и свой вклад в проблему мирового кризиса образования вносят быстрый рост числа специальностей и их ускоренное обновление. К этой проблеме имеет отношение так называемый «компетентностный подход», отражающий, на наш взгляд, процесс усиления узкой специализации. Мы оставляем проблемы профессионального образования вне содержания данной работы, поскольку опираемся на историю научного знания, которая предоставляет систематизированные данные по эволюции его структуры, а именно: научное знание является детерминантом общего образования.

²Классификация наук, используемая В. С. Ледневым, детально рассмотрена в монографии [41] и опирается на результаты, представленные в монографии [42].

областей, прилегающих к ней и контактирующих между собой, а именно: философии, математики и практических наук (рис. 2). К «Центральной отрасли научного знания» отнесены науки, отражающие: 1) вещественно энергетическую организацию материи (физика, химия, космология); 2) антиэнтропийную организацию материи (биология, антропологические науки, обществознание), а также технические науки. В. С. Леднев опирается на подход, предложенный в философских работах Ф. Энгельса и примененный Б. М. Кедровым к классификации наук в конце XIX и первой половине XX в. В итоге структура содержания общего образования, по В. С. Ледневу, представляет собой набор следующих предметных сквозных линий: философия, математика, физика, химия, география, космология, кибернетика, биология, антропологические науки, общественные науки, технические науки, практические науки [2, с. 196–204]. Такая структура содержания общего образования практически соответствует горизонтальному сечению древовидного графа, представленного на рис. 3. При этом упущены из виду представления о структуре научного знания, сформировавшиеся в точных науках, в частности представление о структуре математики, сформулированное Ф. Клейном в виде Эрлангенской программы [43, 44], и представление о структуре научного знания, высказанное Е. Вигнером [40]. Мы пытаемся восполнить этот недостаток.



Рис. 2. Общая структура научного знания¹

Fig. 2. General structure of scientific knowledge

¹Источник: [2, с. 161, рис. 6.5.1].

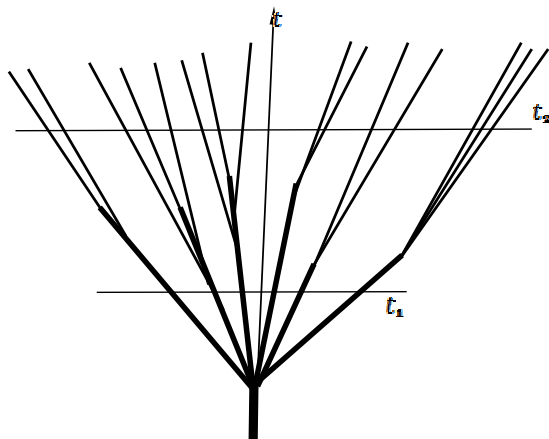


Рис. 3. Схема дифференциации наук при их перманентном ветвлении на дедуктивном этапе развития науки¹

Fig. 3. The pattern of differentiation of sciences at their permanent ramification on the deductive phase of science development

В трехуровневой схеме деления области научных знаний (рис. 1) традиционной классификации наук соответствуют разбиения области научных знаний вдоль горизонтальных сечений. Например, законы природы делятся на законы философии, математики, физики, химии, биологии, психологии, социологии и т. п. Именно такому делению области научных знаний соответствуют предметные сквозные линии содержания общего образования² [2]. Таким образом, в принятой структуре содержания общего образования не находит отражения вертикальный разрез структуры научного знания, проходящий через области принципов симметрии, законов природы и явлений природы. То есть в современном образовании систематически не используется интегрирующий элемент, выраженный в трехуровневой схеме научного знания, и тем самым игнорируется сконцентрированный в нем исторический опыт упорядочения научного знания. Именно это в условиях непрерывного увеличения предлагаемого к усвоению объема инфор-

¹Источник: [1, рис. 1].

²Сквозная линия состоит из автономных (апикальных, согласно терминологии В. С. Леднева) и «рассеянных» (имплицитных, по В. С. Ледневу) элементов [2]. Так, сквозная линия геометрии складывается из автономных курсов (планиметрии, стереометрии, аналитической геометрии, дифференциальной геометрии и т. д.), которые дополняются элементами геометрии, рассеянными в других дисциплинах, например, треугольником Паскаля в арифметике, координатной сеткой в географии, орнаментами в археологии и искусствоведении и т. п.

мации приводит к формированию узкой специализации обучения и, как следствие, к фрагментарному восприятию окружающей действительности и отсутствию ее целостной картины.

Для восполнения этого пробела в содержание общего образования целесообразно ввести новый элемент – сквозную линию «Структура научного знания (симметрия)». В этом названии подчеркнуты два обстоятельства. Первое – содержание этой сквозной линии должно быть ориентировано прежде всего на выработку у учащихся представлений о структуре научного знания с целью формирования единой картины этого знания. Второе – отмечена решающая роль симметрии в истории формирования структуры научного знания. То есть предлагается не перегружать учащихся вопросами философии науки, ее современными достижениями (в том числе такими, как синергетика), не изучать историю науки и смену ее парадигм, а предоставить инструмент, позволяющий ориентироваться в разветвленном научном знании.

Эту сквозную линию удобно выстраивать, переходя от наглядных и образных форм симметрии к более общим и абстрактным, что фактически повторяет траекторию развития сознания – общественного и индивидуального. Ее целесообразно строить как восхождение от индуктивного содержания понятия «симметрия» к дедуктивному.

На первом этапе изложение должно строиться на основе эмоционального восприятия примеров различных форм симметрии, взятых из области живописи, как, например, в [23, 36, 37], орнаментов на предметах, найденных при проведении археологических и этнографических экспедиций [23, 38], анализа ритмов, встречающихся в музыке и поэзии [23, 36, 37]. Такого рода курс или набор кратких курсов целесообразно приурочить к периоду обучения с 1-го по 8-й класс средней общеобразовательной школы.

На втором этапе, в старших классах школы и на первых курсах университетов, акцент должен ставиться на анализе роли форм симметрии в ходе исторического развития различных дисциплин, относящихся как к точным, так и к гуманитарным наукам.

На третьем (завершающем) этапе основное внимание можно уделить курсу, иллюстрирующему реализацию идей Эрлангенской программы Клейна в математических и естественно-научных дисциплинах. Уровень изложения может варьироваться от популярного до строгого математического в зависимости от специализации обучающихся.

Понятие «сквозная линия» подразумевает не только наличие соответствующих автономных курсов, но и распределение ее элементов в имплицитной форме в курсах других сквозных линий. Конкретное содержание сквозной линии, соотношение имплицитных элементов и автономных кур-

сов должно определяться с учетом специфики обучения, то есть его этапа в процессе образования и специальности, которую предусматривает обучение. При этом подразумевается сохранение непрерывности сквозной линии, то есть единства ее элементов на всех этапах обучения и для всех специальностей.

Приведем примеры имплицитного включения элемента сквозной линии «Структура научного знания (симметрия)» в предметные сквозные линии. При изучении биологии можно обратить внимание на то, что живым объектам свойственна точечная симметрия с осью вращения пятого порядка, для кристаллических тел характерна симметрия элементов с осями вращения третьего, четвертого и шестого порядков, исключение составляют квазикристаллы, для которых характерно наличие оси вращения пятого порядка. Это наглядное различие живого и неорганического веществ имеет глубокие причины, тесно связанные с геометрическими симметриями и физикой¹. Нетрудно подыскать примеры использования геометрических симметрий в орнаментах, о чем уже упоминалось в этой статье. Примеры, связанные с симметрией твердых тел, естественным образом вписываются в курс физики [39]. Зеркальная асимметрия сложных молекул – это стандартный пример из химии. Классические и динамические принципы симметрии – неотъемлемая часть классической и квантовой механики. Связь дискретных и непрерывных групп преобразований² с математикой является центральной идеей Эрлангенской программы. Трудно перечислить все возможности имплицитного

¹ Одна из теорем топологии утверждает, что сплошное, без изъятов, заполнение пространства одинаковыми элементами можно осуществить только пространственным переносом правильных элементов с осями вращения третьего, четвертого и шестого порядков (пример – кристаллические алмазы и т. п.) и невозможно использовать правильные элементы с осями вращения пятого и седьмого порядков. Сплошное заполнение пространства без внутренних разрывов обеспечивает минимальное значение энергии тела в условиях равновесия, что является фундаментальным требованием термодинамики по отношению к неорганическим телам. Живые организмы относятся к открытым термодинамическим системам, для них характерно требование условий, допускающих изменение структуры при прохождении точек бифуркации, в общем смысле это требование возможности развития организма. Но переход структуры тела, состоящего, скажем, из элементов с осью третьего порядка, к структуре из элементов с осью шестого порядка предполагает нарушение сплошного заполнения среды. Это нарушение компенсируется тем, что в состав такого тела входят одновременно элементы с осями поворота второго, третьего, четвертого и шестого порядков, а в «среднем» – пятого порядка. Такая же особенность характерна для квазикристаллов, но в этом случае она связана не с необходимостью обеспечить возможность изменения структуры, а с достаточно редкими условиями формирования квазикристаллов. Наличие пятилучевой симметрии у живых организмов наблюдается, например, у морских звезд.

² Дискретными группами преобразований занимался Феликс Клейн, а непрерывными группами преобразований – Сорфус Ли. В настоящее время непрерывные группы преобразований и связанные с ними алгебры Ли приобретают всё большее значение в различных областях науки.

включения понятия «симметрия» в курсы дисциплин – от изобразительного искусства, музыки и литературы до точных наук.

Таким образом, для формирования сквозной линии «Структура научного знания (симметрия)» необходимы целенаправленный пересмотр и перераспределение содержания предметных сквозных линий общего образования с целью его оптимизации, учитывающей высший уровень интеграции научного знания, возникший в ходе его эволюции.

Перспективы и проблемы, связанные с введением нового элемента структуры общего образования «Структура научного знания (симметрия)»

Почему именно сейчас возникает необходимость в формировании нового элемента структуры содержания общего образования – сквозной линии «Структура научного знания (симметрия)»? Фундаментальная причина такой необходимости указана в монографии, включающей детальный анализ структуры содержания образования и структуры научного знания на основе эмпирического материала [45], представленного В. С. Ледневым [2]. Этот анализ привел к выводу о том, что указанные объекты имеют свойства мультифракталов, характерной особенностью которых является отсутствие границ между их частями. Именно отсутствие границ между учебными предметами и научными дисциплинами и было зафиксировано в результате анализа описания структур В. С. Ледневым. Но данное обстоятельство принципиально ограничивает возможность описания элементов структуры содержания образования на языке привычных для нас геометрических понятий. В связи с этим для описания структуры научного знания и содержания образования возникла необходимость использовать представления о симметрии, заложенные в Эрлангенскую программу Ф. Клейна и идеи Е. Вигнера, которые не требуют обязательного обращения к традиционным геометрическим образам [45]. Именно там и была обоснована идея необходимости новой сквозной линии содержания общего образования, которая первоначально была названа «Симметрия».

Обоснованию характеристики научного знания и содержания общего образования как мультифракталов была посвящена отдельная работа [46]. Эта характеристика в настоящее время приобретает особую актуальность в связи с широким обсуждением проблем трансдисциплинарности. Так, прямо указано: «В науке двадцатого века наблюдается все более быстрое развитие дифференциации науки в целом за счет создания новых дисциплин и специализированных или междисциплинарных субдисциплин; это было названо фрактализацией и хаосом дисциплин (Abbott, 2001)¹» [47]. Острая необходи-

¹ Эбботт А. Хаос дисциплин. Чикаго: Издательство Чикагского университета, 2001.

мость анализа проблем трансдисциплинарности тесно связана с глобальными угрозами, для противодействия которым развивается «наука об устойчивости» [48]. Эта связь очевидна, глобальные проблемы требуют одновременного анализа с позиций комплекса дисциплин. И, что вполне естественно, возникает необходимость объединения естественных и социальных наук, а как следствие – структурирования знания: «В науке и обществе крайне необходимо решать проблемы изменения климата и других проблем устойчивости, таких как потеря биоразнообразия, обезлесение, истощение запасов морских рыб, глобальное ухудшение здоровья, деградация земель, изменение землепользования и нехватка воды. Наука об устойчивости (SS) – это попытка объединить естественные и социальные науки для поиска творческих решений этих сложных проблем. В этой статье мы предлагаем программу исследований, которая продвигает методологическое и теоретическое понимание того, чем может быть SS, как ее можно реализовать и какой вклад она может внести. Основное внимание уделяется структурированию знаний» [48]. Эта же мысль содержится и в другой работе: «Растет согласие с тем, что проблемы устойчивости требуют новых способов производства знаний и принятия решений. Таким образом, одним из ключевых аспектов науки об устойчивом развитии является вовлечение в исследовательский процесс сторонних организаций с целью интеграции наилучших доступных знаний» [49]. Неудовлетворенность отсутствием в настоящее время целостной картины научного знания прослеживается и в следующей констатации: «В тот самый момент, когда человечество сталкивается с расширяющимся экологическим кризисом и когда и политики, и гражданское общество призывают к переходу к более устойчивым обществам, современная наука, похоже, не способна предоставить оперативные решения для управления этим переходом» [50]. Очевидна и связь проблем трансдисциплинарности с образованием, которая описана, например, как форма специфической организации учебного процесса в виде комплексных команд в работе [51]. При этом подчеркивается: «Однако при переходе к трансдисциплинарности, включающей также социальные и гуманитарные науки, инженерные исследователи и преподаватели вступают в незнакомые области» [52].

Когда мы попадаем в незнакомые области, то нам в первую очередь нужны карта и компас. Если эта незнакомая область – пространство дисциплин, что подразумевает термин «трансдисциплинарность», то картой этой области должна быть ее структура, включающая в себя и структуру научного знания. Отсюда вывод, что изучению структуры научного знания целесообразно уделить специальное внимание в рамках содержания общего образования, то есть сформировать сквозную линию «Структура научного знания (симметрия)».

С точки зрения проблем трансдисциплинарности большое значение имеет интеграционный потенциал этого нового элемента структуры содержания общего образования. Его характеризует то, что он позволяет органично включить в круг рассматриваемых вопросов даже вопросы метафизического и религиозного содержания. В качестве примера такого включения можно привести анализ определения понятия «явление природы», выполненный в работе [1]. В данном примере была проведена граница между областями научного и религиозного знания. Другие примеры подобного рода приводятся в работах [33, 34]. Такой неожиданный результат применения сквозной линии «Структура научного знания (симметрия)» можно связать с высоким уровнем обобщения, которое содержится в современных представлениях о структуре научного знания (рис. 1), что неизбежно приводит к соприкосновению с метафизическими проблемами как философского, так и религиозного характера.

Еще одной проблемой метафизического характера, к которой приводит введение элемента «Структура научного знания (симметрия)» и его основы – трехуровневой схемы научного знания, является проблема соотношения локального и нелокального описания явлений окружающего нас мира. При анализе понятия «явление природы» в качестве его содержания было указано свойство локализации в пространстве и времени. Следующий уровень научного знания – законы природы – содержит конкретные законы природы, которые в подавляющем большинстве случаев описываются дифференциальными уравнениями, то есть локальными. Верхний уровень – область принципов симметрии – тесно связан с законами сохранения, характеризующими симметрию дифференциальных уравнений относительно групп непрерывных преобразований. То есть трехуровневая схема научного знания (рис. 1) строится на основе локального описания, которое является предельным случаем нелокального описания, приводящего к интегро-дифференциальным уравнениям [53]. Учет этого обстоятельства может привести к радикальным изменениям наших представлений об окружающем мире, в частности к частичному пересмотру содержания третьего уровня указанной схемы деления области научных знаний.

При анализе структуры научного знания было подчеркнуто, что процесс формирования трехуровневой «пирамиды» научного знания не завершен [1]. Его незавершенность объяснялась, в частности, различием уровней формализации наук. Уровень формализации, допускающий аксиоматическое построение науки на основе принципов симметрии, достигнут только для части математических дисциплин, классической и квантовой механики и теории поля. Но уже для физики конденсированного состояния возникает затруднение при попытке формально определить группу преобразо-

ваний, для которой инвариантами являются форма и объем твердого тела или связанные с ними понятия ближнего и дальнего порядка. Трудность заключается в том, что набор преобразований, оставляющих инвариантные значения указанных характеристик, – это все возможные перемещения вдоль оси температуры в конечном интервале температур: от абсолютного нуля по шкале Кельвина до температуры плавления. Если сделать попытку определить этот набор преобразований как математическую группу, то мы немедленно сталкиваемся с затруднением. Основным требованием к преобразованиям математической группы является условие, что композиция любых двух преобразований группы снова является преобразованием той же группы (композиция – это последовательное выполнение двух преобразований). То есть группа замкнута относительно композиции любых элементов этой группы. Рассмотрим в качестве набора преобразований сдвиги температуры твердого тела на ± 100 градусов. Последовательно выполняя такие сдвиги, мы рано или поздно перейдем границы интервала температур, в котором вещество остается в твердом состоянии. То есть этот набор преобразований не является группой в математическом смысле. Итак, у нас есть инвариант (объем и форма) и набор преобразований, которым соответствует этот инвариант, но мы не можем говорить о группе симметрии, поскольку набор не удовлетворяет требованиям, предъявляемым к математической группе преобразований. Отметим, что в приведенном нами примере фигурирует точка плавления твердого тела. Ее природа связана с коллективным взаимодействием частиц твердого тела, что, в свою очередь, есть проявление нелокального характера термодинамики конденсированного состояния вещества.

Таким образом, незавершенность схемы научного знания может иметь и более фундаментальные причины, чем различие уровней формализации наук, достигнутых к настоящему времени. Следует обозначить возможность того, что объекты, исследуемые в некоторых науках, не допускают применения описания, сформулированного в терминах групп симметрии. Они требуют применения более общих понятий, используемых в абстрактных алгебрах. Но ход истории науки дает основание надеяться, что основная тенденция, связанная с выделением инвариантов некоторых наборов преобразований как основы построения научного знания, сохранится неизменной. Это означает, что на месте принципов симметрии в схеме научного знания могут оказаться некоторые более общие принципы, но сама схема сохранится, поскольку в ее основе лежит принцип, проверенный в рамках истории науки в течение 2500 лет дедуктивного периода ее развития. Он заключается в том, что в формализации науки происходит «сокращение описания» в результате формирования всё более и более общих способов

описания окружающего нас мира. Помимо этого, в ходе не только дедуктивного периода развития научного знания, но и всей истории научного знания оно строилось на основе выделения инвариантов некоторых наборов преобразований. Симметрия является частным случаем проявления этого общего принципа.

При переходе к новым, более общим нелокальным способам описания реальности можно ожидать возникновения условий, благоприятствующих снятию противоречия между идеологией модернизма и идеологией постмодернизма. Последнее утверждение можно обосновать следующими соображениями: интегро-дифференциальные уравнения возникают как результат применения гипотезы слабой нелокальности к уравнениям классической термодинамики и уравнениям баланса механики сплошных сред [54, 55]. На первом шаге они порождают локальные дифференциальные уравнения с малым параметром при старшей производной. Такие уравнения приводят к сингулярно возмущенным задачам математики, к которым относятся и задачи, рассматриваемые синергетикой. Характерной особенностью этих задач является возможность описания на их основе возникновения пространственных и временных структур в сложных системах.

При обращении в нуль коэффициентов при старших производных в уравнениях, описывающих динамику сложной системы, возникает явление Стокса. Оно проявляется в том, что при пересечении в ходе движения системы по траектории развития некоторой линии, на которой обращается в нуль коэффициент при старшей производной, любые (даже самые малые) возмущения могут приводить к радикальным изменениям последующего хода траектории развития. Это ведет к ослаблению детерминизма в поведении систем, характерного для их описания в рамках подходов периода модернизма. Но именно излишне детерминированное описание и отсутствие резких переходов, отражающих многообразие систем, и являются основной претензией со стороны идеологии постмодернизма к периоду модернизма. С другой стороны, в нашем случае ослабление детерминизма и спонтанное формирование неоднородностей макросистем возникают в рамках естественной модификации классических уравнений, а не в результате отказа от них.

Вторым моментом, который в перспективе может привести к необходимости пересмотра предложенной схемы деления области научных знаний, является фрактальный характер структуры научного знания и содержания образования, который обнаруживается при их детальном анализе [45, 46, 56]. Действительно, невозможно, обращаясь к математике, обойтись без использования знаний из других областей, то есть они включены в математику в имплицитной форме. И наоборот, в любой другой области знания – от физики до психологии – всегда присутствуют элементы математики. О необ-

ходимости учета взаимопереплетения таких областей знания, как физика и психология, говорил еще А. Эйнштейн [57].

Следует отметить еще одно важное следствие представления структуры научного знания и содержания образования в форме мультифракталов, сформулированное в работе [4]. Оно заключается в том, что описание таких объектов может потребовать применения понятий нечеткой логики, системного анализа и дискретной математики. При анализе структуры столь сложных объектов, очевидно, не обойтись без использования современных возможностей вычислительной техники и искусственного интеллекта. Фактически речь идет о необходимости анализа межпредметных связей во всей области содержания образования средствами современной математики и вычислительной техники. На наш взгляд, это не отменяет необходимости учета в рамках такого анализа исторического опыта формирования современных представлений о структуре научного знания. Напротив, исследование этой структуры методами современной математики и предложенный нами анализ процесса ее формирования в ходе истории науки следует рассматривать как взаимодополняющие подходы.

Таким образом, несмотря на приведенные выше оговорки, на данный момент схема деления области научных знаний (рис. 1) и связанный с ней новый элемент структуры содержания общего образования «Структура научного знания (симметрия)» представляются полезными инструментами. Они позволяют предложить конструктивное решение одного из основных аспектов общего мирового кризиса образования, связанного с непрерывной дифференциацией научного знания в процессе увеличения его объема. В данной работе этот аспект обсуждается по отношению не ко всему образованию, а только к его части – общему образованию. Действительно, предложенный нами подход – это анализ эволюции структуры содержания общего образования в процессе изменения структуры его детерминанта – научного знания. Но такой подход в перспективе может быть распространен и на второй элемент образования – профессиональное образование. Для этого необходимо провести анализ эволюции структуры содержания профессионального образования в ходе изменения структуры его детерминанта, которое проявляется в смене технологических укладов. Сейчас эта проблема особенно актуальна вследствие бурного развития информационных технологий.

Заключение

В работе обоснована необходимость и возможность введения в содержание общего образования новой сквозной линии «Структура научного знания (симметрия)». Последнее предшествующее изменение структуры содержания

общего образования было осуществлено более полувека назад академиком РАО В. С. Ледневым, который обосновал введение сквозной предметной линии «Кибернетика». Значение подобных преобразований содержания общего образования можно оценить длительностью интервала между ними (~ 50 лет).

Эта работа посвящается светлой памяти Марины Германовны Гапонцевой, диссертация которой явилась началом двадцатилетнего цикла работ по рассматриваемой научной проблеме¹. В большинстве из них она принимала непосредственное участие. Определенно можно сказать, что без ее участия эти труды не могли бы состояться. Итогом многолетней научной деятельности коллектива авторов в данном направлении и выступает настоящая публикация.

Список использованных источников

1. Гапонцев В. А., Федоров В. А., Дорожкин Е. М. Взгляд на проблему общего кризиса образования через призму опыта истории науки. Часть I. Структура научного знания // Образование и наука. 2020. Т. 22, № 10. С. 11–40. DOI: 10.17853/1994-5639-2020-10-11-40
2. Леднев В. С. Содержание образования. Москва: Высшая школа, 1989. 360 с.
3. Дубнищева Т. Я. Концепции современного естествознания. Новосибирск: ЮКЭА, 1997. 78 с.
4. Свиридов В. В. Концепции современного естествознания: учебное пособие. 2-е изд. Санкт-Петербург: Питер, 2005. 349 с.
5. Садохин А. П. Концепции современного естествознания: курс лекций. Москва: Омега, 2006. 240 с.
6. Бабушкин А. Н. Современные концепции естествознания: курс лекций. Санкт-Петербург: Лань; Москва: Омега-Л, 2004. 224 с.
7. Гапонцева М. Г., Гапонцев В. А., Федоров В. А. Аттестационные педагогические измерительные материалы по дисциплине «Концепции современного естествознания»: выявленные проблемы // Образование и наука. Известия УрО РАО. 2007. № 4. С. 113–122.
8. Зорина Л. Я. Отражение идей самоорганизации в содержании образования // Педагогика. 1996. № 4. С. 105–109.
9. Пугачева А. Синергетический подход к системе высшего образования // Высшее образование в России. 1998. № 2. С. 41–45.
10. Игнатова В. А. Педагогические аспекты синергетики // Педагогика. 2001. № 8. С. 26–31.
11. Назарова Т. С., Шаповаленко В. С. «Синергетический синдром» в педагогике // Педагогика. 2001. № 9. С. 25–33.
12. Мукушев Б. А. Синергетика в системе образования // Образование и наука. Известия УрО РАО. 2008. № 3. С. 105–122.

¹Гапонцева М. Г. Интегративный подход в содержании непрерывного естественного образования: дис. ... канд. пед. наук. Екатеринбург: РГППУ, 2002.

13. Китаев Д. Ф., Макаров А. А., Смольников С. Д. Синергетическая концепция образования [Электрон. ресурс] // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. Режим доступа: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=16411> (дата обращения: 29.07.2020).
14. Губин В. Б. Псевдосинергетика – новейшая лженаука [Электрон. ресурс] // Бюллетень № 1 «В защиту науки». 2006. С. 110–119. Режим доступа: <http://www.biophys.ru> (дата обращения: 29.07.2020).
15. Гапонцева М. Г., Федоров В. А., Гапонцев В. А. Применение идеологии синергетики к формированию содержания непрерывного естественнонаучного образования // Образование и наука. Известия УрО РАО. 2004. № 6. С. 13–19.
16. Алексеев Н. А. Размышления о синергетике в педагогике // Образование и наука. Известия УрО РАО. 2004. № 6. С. 102–106.
17. Штейнберг В. Э. Синергетика и технологии обучения // Образование и наука. Известия УрО РАО. 2005. № 1. С. 109–111.
18. Гончаров С. З. О синергетике, редукции и эвристике // Образование и наука. Известия УрО РАО. 2005. № 2. С. 114–124.
19. Гапонцева М. Г., Федоров В. А., Гапонцев В. А. Синергетический подход в педагогической науке: границы и условия применения // Образование и наука. Известия УрО РАО. 2006. № 5. С. 13–19.
20. Гапонцева М. Г., Гапонцев В. А., Федоров В. А. Синергетика в педагогике: целесообразность переноса // Образование и наука. Известия УрО РАО. 2008. № 9. С. 100–109.
21. Бурлакова Л. Г. К вопросу о роли принципа симметрии в методологии исследования в современном образовании // Филологические и социокультурные вопросы науки и образования: сборник материалов IV Международной научно-практической очно-заочной конференции. 25 октября 2019 г. Краснодар: Кубанский государственный технологический университет, 2019. С. 898–906.
22. Бурлакова Л. Г. Принцип симметрии как частный случай принципа дополнительности в научной и художественной деятельности // Вестник СПбГУ. Серия 6. 2013. Вып. 4. С. 53–59.
23. Вейль Г. Симметрия. Москва: Наука, 1968. 191 с.
24. Лебедева С. В. Роль математического учения о симметрии и золотой пропорции в современном образовании // Вестник Псковского государственного университета. Серия «Естественные и физико-математические науки». 2014. Вып. 4. С. 110–113.
25. Лебедева С. В. Закон симметрии и его универсальный характер // Вестник Псковского государственного педагогического университета. Серия «Естественные и физико-математические науки». 2007. Вып. 2. С. 107–111.
26. Тестов В. А. Порядок, симметрия и красота в математике // XV Коломоровские чтения: сборник статей участников Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора М. И. Зайкина. 10–13 сентября 2019 г. Арзамас: филиал Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского, 2019. С. 26–30.

27. Тестов В. А. Эстетика в математике: симметрия и фрактальность // Современное образование: научные подходы, опыт, проблемы, перспективы: материалы XV Международной научно-практической конференции «Артемовские чтения». 17–18 апреля 2019 г. Пенза: ПГУ, 2019. С. 99–101.

28. Тестов В. А. Красота в математическом образовании: синергетическое мировидение // Образование и наука. 2019. Т. 21, № 2. С. 9–26. DOI: 10.17853/1994-5639-2019-2-9-26

29. Изворска Д. Ил., Славова С. К. Симметрия и фракталы // Актуальные проблемы современного образования. 2012. № 1 (13). С. 38–43.

30. Попова А. Ю., Круглова С. О. Категория симметрии в аспекте гуманитарных наук // Актуальные проблемы современного образования. 2016. № 2 (21). С. 284–289.

31. Нагдян Р. М. Принцип симметрии в психологии и образовании. Ереван: Издательский дом «Лусабац», 2019. 209 с.

32. Урманцев Ю. А. Симметрия природы и природа симметрии. Философские и естественно-научные аспекты [Электрон. ресурс]. 1974, 132 с. Режим доступа: http://www.sci.aha.ru/ots/OTS_Simmetry.pdf (дата обращения: 01.08.2020).

33. Гапонцев В. А., Гапонцева М. Г. Естественнонаучное образование: соотношение научного и религиозного знания в свете принципа симметрии. Ч. 2. Примеры отбора содержания общего естественнонаучного курса на основе принципа симметрии // Образование и наука. 2015. № 6. С. 4–20.

34. Гапонцев В. А., Гапонцева М. Г. Естественнонаучное образование: соотношение научного и религиозного знания в свете принципа симметрии. Ч. 1. Содержание принципа симметрии // Образование и наука. 2015. № 4. С. 4–21.

35. Гапонцева М. Г., Гапонцев В. А., Ткаченко Е. В., Федоров В. А. Курс «Естествознание» как интегрирующий фактор непрерывного образования // Образование и наука. Известия УрО РАО. 2001. № 3. С. 3–18.

36. Волошинов А. В. Математика и искусство. Москва: Просвещение, 1992. 335 с.

37. Волошинов А. В. Пифагор: союз истины, добра и красоты. Москва: Просвещение, 1993. 224 с.

38. Рыбаков Б. А. Язычество древних славян. Т. 1. Москва: Наука, 1981. 608 с.

39. Егоров-Тисменко Ю. К., Литвинская Г. П. Теория симметрии кристаллов: учебник для высшей школы / под ред. В. С. Урусова. Москва: ГЕОС, 2000. 410 с.

40. Вигнер Е. Этюды о симметрии. Москва: Мир, 1971. 318 с.

41. Леднев В. С. Классификация наук. Москва: Высшая школа, 1971. 59 с.

42. Кедров Б. М. Классификация наук. Т. I. Москва, 1961. 472 с.

43. Визгин В. П. К истории «Эрлангенской программы» Ф. Клейна // Историко-математические исследования. 1973. № 18. С. 218–248.

44. Стройк Д. Я. Краткий очерк истории математики. Москва: Наука, 1969. 327 с.

45. Гапонцев В. А., Федоров В. А., Гапонцева М. Г. Структура содержания образования. Эволюция структуры в свете принципа симметрии: монография. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2019. 190 с.
46. Gapontsev V. L., Fedorov V. A., Gapontseva M. G., Khuziakhmetov A. N. // Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education. 2019. № 15 (3). Art. no. em1678.
47. Scholz R. W., Steiner G., Transdisciplinarity at the crossroads // Sustainability Science. 2015. Vol. 10, № 4. P. 521–526.
48. Jerneck A. at al. Structuring Sustainability Science // Sustainability Science. 2010. № 6. P. 69–82. DOI: 10.1007/s11625-010-0117-x
49. Lang D., Wiek A., Bergmann M. at al. Transdisciplinary research in sustainability science: Practice, principles, and challenges // Sustainability Science. 2012. № 7. P. 25–43. DOI: 10.1007/s11625-011-0149-x
50. Dedeurwaerdere T. Transdisciplinary sustainability science at higher education institutions: Science policy tools for incremental institutional change // Sustainability Science. 2013. № 5. P. 3783–3801. DOI:10.3390/su5093783
51. Benesh E. C., Lamb L. E., Connors S. K., Farmer G. W., Fuh K. C., Hunleth J., Montgomery K. L., Gehlert S. J. A case study approach to train early-stage investigators in transdisciplinary research // Transdisciplinary Journal of Engineering & Science. 2015. № 6. P. 13–22. DOI: 10.22545/2015/00071
52. Tejedor G., Segalas, J., Rosas-Casals, M. Transdisciplinarity in higher education for sustainability: How discourses are approached in engineering education // Journal of Cleaner Production. 2018. № 175. P. 29–37. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.11.085
53. Гапонцев В. А. Век науки. Возвращение к истокам // Гуманитарное пространство. 2019. Т. 8, № 5. С. 531–539.
54. Гапонцев В. А., Гапонцев А. В., Кондратьев В. В. Определение положения бинадали бинарного сплава на основе гипотезы слабой нелокальности // Физика металлов и металловедение. 2019. Т. 120, № 12. С. 1264–1270.
55. Гапонцев В. А., Селезнев В. Д., Гапонцев А. В. Распад равновесной межфазной границы в сплавах замещения при механосплавлении // Физика металлов и металловедение. 2017. Т. 118, № 7. С. 665–678.
56. Гапонцев В. А., Федоров В. А., Гапонцева М. Г. Язык описания структуры содержания образования // Педагогический журнал Башкортостана. 2018. № 5 (78). С. 75–94.
57. Эйнштейн А. Основы теории относительности. Москва; Ленинград: НКТП СССР, 1935. 106 с.

References

1. Gapontsev V. L., Fedorov V. A., Dorozhkin Ye. M. A look at the global educational crisis through the lens of experience of the history of science. Part I. The scientific knowledge structure. *Obrazovanie i nauka = The Education and Science Journal*. 2020. 22 (10): 11–40. DOI: 10.17853/1994-5639-2020-10-11-40 (In Russ.)

2. Lednev V. S. Soderzhaniye obrazovaniya = Content of education. Moscow: Publishing House Vysshaya Shkola; 1989. 360 p. (In Russ.)
3. Dubnishcheva T. Ya. Kontseptsii sovremennogo yestestvoznaniya = Concepts of the modern natural science. Novosibirsk: Publishing House JuKJeA; 1997. 78 p. (In Russ.)
4. Sviridov V. V. Kontseptsii sovremennogo yestestvoznaniya = Concepts of the modern natural science. 2nd ed. St. Petersburg: Publishing House Piter; 2005. 349 p. (In Russ.)
5. Sadokhin A. P. Kontseptsii sovremennogo yestestvoznaniya = Concepts of the modern natural science. Moscow: Publishing House Omega; 2006. 240 p. (In Russ.)
6. Babushkin, A. N. Sovremennyye kontseptsii yestestvoznaniya: kurs lektsiy = Modern concepts of natural science: Series of lectures. St. Petersburg: Publishing House Lan; Moscow: Publishing House Omega-L; 2004. 224 p. (In Russ.)
7. Gapontseva M. G., Gapontsev V. L., Fedorov V. A. Attestation pedagogical measuring materials for “Concepts of the modern natural science” discipline: problems found. *Obrazovanie i nauka. Izvestiya UrO RAO = Education and Science. News of Ural Branch of the Russian Academy of Education*. 2007; 4: 113–122. (In Russ.)
8. Zorina L Ya. Reflection of self-education ideas in the education content. *Pedagogika*. 1996; 4: 105–109. (In Russ.)
9. Pugacheva A. The synergetic approach to the higher education system. *Vyssheye obrazovaniye v Rossii = Higher Education in Russia*. 1998; 2: 41–45. (In Russ.)
10. Ignatova V. A. Pedagogic aspects of synergetics. *Pedagogika*. 2001; 8: 26–31. (In Russ.)
11. Nazarova T. S., Shapovalenko V. S. “Synergetic syndrome” in pedagogy. *Pedagogika*. 2001; 9: 25–33. (In Russ.)
12. Mukushev B. A. Synergetics in the system of education. *Obrazovanie i nauka. Izvestiya UrO RAO = Education and Science. News of Ural Branch of the Russian Academy of Education*. 2008; 51 (3): 105–122. (In Russ.)
13. Kitayev D. F., Makarov, A. A., Smolnikov S. D. The synergetic concept of education. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya = Modern Problems of Science and Education* [Internet]. 2014 [cited 2020 Jul 29]; 6. Available from: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=16411> (In Russ.)
14. Gubin V. B. Pseudo-synergetics: The latest pseudoscience. *Byulleten № 1 “V zashchitu nauki” = Bulletin “Protecting Science”* [Internet]. 2006 [cited 2020 Jul 29]; 1: 110–119. Available from: <http://www.biophys.ru>. (In Russ.)
15. Gapontseva M. G., Fedorov V. A., Gapontsev V. L. Application of the synergetics ideology to formation of the content of continuous natural-scientific education. *Obrazovanie i nauka. Izvestiya UrO RAO = Education and Science. News of Ural Branch of the Russian Academy of Education*. 2004; 6: 13–19. (In Russ.)
16. Alekseyev N. A. Pondering on synergetics in pedagogy. *Obrazovanie i nauka. Izvestiya UrO RAO = Education and Science. News of Ural Branch of the Russian Academy of Education*. 2004; 6: 102–106. (In Russ.)

17. Shteynberg V. E. Synergetics and learning technologies *Obrazovanie i nauka. Izvestiya UrO RAO = Education and Science. News of Ural Branch of the Russian Academy of Education*. 2005; 1: 109–111. (In Russ.)
18. Goncharov S. Z. On synergetics, reduction and heuristics. *Obrazovanie i nauka. Izvestiya UrO RAO = Education and Science. News of Ural Branch of the Russian Academy of Education*. 2005; 2: 114–124. (In Russ.)
19. Gapontseva M. G., Fedorov V. A., Gapontsev V. L. The synergetic approach in the pedagogical science: boundaries and application conditions. *Obrazovanie i nauka. Izvestiya UrO RAO = Education and Science. News of Ural Branch of the Russian Academy of Education*. 2006; 5: 13–19. (In Russ.)
20. Gapontseva M. G., Gapontsev V. L., Fedorov V. A. Synergetics in pedagogy: Practicability of transfer. *Obrazovaniye i nauka. Izvestiya UrO RAO = Education and Science. News of Ural Branch of the Russian Academy of Education*. 2008; 9: 100–109. (In Russ.)
21. Burlakova L. G. On the issue of the role of the symmetry principle in the research methodology in the modern education. In: *Filologicheskiye i sotsiokulturnyye voprosy nauki i obrazovaniya: sbornik materialov IV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy ochno-zaochnoy konferentsii = Philological and Socio-Cultural Issues of Science and Education. Proceedings of the IV International Research-to-Practice Conference (conference with face-to-face and virtual participation)*; 2019 Oct 25; Krasnodar. Krasnodar: Kuban State Technological University; 2019. p. 898–906. (In Russ.)
22. Burlakova L. G. The principle of symmetry as a special case of the complementarity principle in scientific and art activities. *Vestnik SPbGU. Seriya 6 = Bulletin of Saint Petersburg State University. Series 6*. 2013; 4: 53–59. (In Russ.)
23. Weyl H. *Simmetriya = Symmetry*. Moscow: Publishing House Nauka; 1968. 191 p. (In Russ.)
24. Lebedeva S. V. The role of the mathematic doctrine of symmetry and golden proportion in the modern education. *Vestnik Pskovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya "Estestvennyye i fiziko-matematicheskiye nauki" = Bulletin of Pskov State University. Series "Natural and Physico-Mathematical Sciences"*. 2014; 4: 110–113. (In Russ.)
25. Lebedeva S. V. The symmetry law and its universal nature. *Vestnik Pskovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya "Estestvennyye i fiziko-matematicheskiye nauki" = Bulletin of Pskov State University. Series "Natural and Physico-Mathematical Sciences"*. 2007; 2: 107–111. (In Russ.)
26. Testov V. A. Order, symmetry and beauty in mathematics. In: *XV Kolmogorovskiy chteniye: sbornik statey uchastnikov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. posvyashchennoy pamyati professora M. I. Zaykina = XV Kolmogorov Readings. Proceedings of International Research-to-Practice Conference Dedicated to the Memory of Professor M. I. Zaykin*; 2019 Sep 10–13, Arzamas. Arzamas: The Branch of the Nizhny Novgorod State University named after N. I. Lobachevsky; 2019. p. 26–30. (In Russ.)
27. Testov V. A. Aesthetics in mathematics: symmetry and fractality. In: *Sovremennoye obrazovaniye: nauchnyye podkhody, opyt, problemy, perspektivy: materialy*

XV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Artemovskiye chteniya" = *Modern Education: Scientific Approaches, Experience, Problems and Perspectives. Proceedings of XV International Research-to-Practice Conference "Artemov Readings"*; 2019 Apr 17–18; Penza. Penza: Publishing House of Penza State University; 2019. p. 99–101. (In Russ.)

28. Testov V. A. Beauty in the mathematical education: Synergetic world view. *Obrazovanie i nauka = The Education and Science Journal*. 2019; 21 (2): 9–26. DOI: 10.17853/1994-5639-2019-2-9-26 (In Russ.)

29. Izvorska D. Il., Slavova S. K. Symmetry and fractals. *Aktualnyye problemy sovremennogo obrazovaniya = Actual Issues of Modern Education*. 2012; 1 (13): 38–43. (In Russ.)

30. Popova A. Yu., Kruglova S. O. The category of symmetry in humanitarian sciences aspect. *Aktualnyye problemy sovremennogo obrazovaniya = Actual Issues of Modern Education*. 2016; 21 (2): 284–289. (In Russ.)

31. Nagdyan R. M. Printsip simmetrii v psikhologii i obrazovanii = The symmetry principle in psychology and education. Yerevan: Publishing House "Lusabats"; 2019. 209 p. (In Russ.)

32. Urmantsev Yu. A. Simmetriya prirody i priroda simmetrii. Filosofskie i estestvenno-nauchnye aspekty = Symmetry of the nature and the nature of symmetry. Philosophic and natural-scientific aspects [Internet]. 1974 [cited 2020 Aug 01]. 132 p. Available from: http://www.sci.aha.ru/ots/OTS_Simmetry.pdf (In Russ.)

33. Gapontsev V. L., Gapontseva M. G. Natural science education: The correlation of the scientific and religious knowledge in the light of symmetry principle. Part 2. Examples of selection of the content of the general natural-science course on basis of the symmetry principle. *Obrazovanie i nauka = The Education and Science Journal*. 2015; 6: 4–20. (In Russ.)

34. Gapontsev V. L., Gapontseva M. G. Natural science education: the correlation of the scientific and religious knowledge in the light of symmetry principle. Part 1. Content of the symmetry principle. *Obrazovanie i nauka = The Education and Science Journal*. 2015; 4: 4–21. (In Russ.)

35. Gapontseva M. G., Gapontsev V. L., Tkachenko Ye. V., Fedorov V. A. Natural science course as an integrative factor of continuous education. *Obrazovanie i nauka. Izvestiya UrO RAO = Education and Science. News of Ural Branch of the Russian Academy of Education*. 2001; 3 (9): 3–18. (In Russ.)

36. Voloshinov A. V. Matematika i iskusstvo = Mathematics and art. Moscow: Publishing House Prosveshchenie; 1992. 335 p. (In Russ.)

37. Voloshinov A. V. Pifagor: soyuz istiny, dobra i krasoty = Pythagoras: The union of the truth, the good and the beauty. Moscow: Publishing House Prosveshchenie; 1993. 224 p. (In Russ.)

38. Rybakov B. A. Yazychestvo drevnikh slavyan. T. 1 = Pagandom of the ancient Slavs. Vol. 1. Moscow: Publishing House Nauka; 1981. 608 p. (In Russ.)

39. Yegorov-Tismenko Yu. K., Litvinskaya G. P. Teoriya simmetrii kristallov = The theory of crystals symmetry. Ed. by V. S. Urusov. Moscow: Publishing House GEOS; 2000. 410 p. (In Russ.)

40. Wigner E. *Etyudy o simmetrii* = Essays on symmetry. Moscow: Publishing House Mir; 1971. 318 p. (In Russ.)
41. Lednev V. S. *Klassifikatsiya nauk* = Classification of sciences. Moscow: Publishing House Vysshaya Shkola; 1971. 59 p. (In Russ.)
42. Kedrov B. M. *Klassifikatsiya nauk. T. I* = Classification of sciences. Vol. I. Moscow; 1961. 472 p. (In Russ.)
43. Vizgin V. P. Revisiting the history of F. Klein's Erlangen program. *Istoriko-matematicheskiye issledovaniya* = Historical-Mathematical Studies. 1973; 18: 218–248. (In Russ.)
44. Struik D. J. *Kratkiy ocherk istorii matematiki* = Brief overview of the history of mathematics. Moscow: Publishing House Nauka; 1969. 327 p. (In Russ.)
45. Gapontsev V. L., Fedorov V. A., Gapontseva M. G. *Struktura soderzhaniya obrazovaniya. Evolyutsiya struktury v svete printsipa simmetrii* = The structure of content of education. The structure evolution in the light of the symmetry principle. Ekaterinburg: Publishing House of Russian State Vocational Pedagogical University; 2019. 190 p. (In Russ.)
46. Gapontsev V. L., Fedorov V. A., Gapontseva M. G., Khuziakhmetov A. N. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*. 2019; 15 (3). Art. no. em1678.
47. Scholz R. W., Steiner G., Transdisciplinarity at the crossroads. *Sustainability Science*. 2015; 10 (4): 521–526. DOI 10.1007/s11625-015-0338-0
48. Jerneck A. Structuring sustainability science. *Sustainability Science*. 2010; 6: 69–82. DOI: 10.1007/s11625-010-0117-x
49. Lang D., Wiek A., Bergmann M. Transdisciplinary research in sustainability science: Practice, principles, and challenges. *Sustainability Science*. 2012; 7: 25–43. DOI: 10.1007/s11625-011-0149-x
50. Dedeurwaerdere T. Transdisciplinary sustainability science at higher education institutions: Science policy tools for incremental institutional change. *Sustainability Science* [Internet]. 2013 [cited 2020 Nov 12]; 5: 3783–3801. DOI: 10.3390/su5093783
51. Benesh E. C., Lamb L. E., Connors S. K., Farmer G. W., Fuh K. C., Hunleth J., Montgomery K. L., Gehlert S. J. A case study approach to train early-stage investigators in transdisciplinary research. *Transdisciplinary Journal of Engineering & Science*. 2015; 6: 13–22. DOI: 10.22545/2015/00071
52. Tejedor G., Segalas J., Rosas-Casals M. Transdisciplinarity in higher education for sustainability: How discourses are approached in engineering education. *Journal of Cleaner Production*. 2018; 175: 29–37. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.11.085
53. Gapontsev V. L. The century of science. Back to basics. *Gumanitarnoye prostranstvo* = Humanitarian Space. 2019; 8 (5): 531–539. (In Russ.)
54. Gapontsev V. L., Gapontsev A. V., Kondratyev V. V. Definition of position of a binary alloy binodal on basis of the flimsy non-locality hypothesis. *Fizika metallov i metallovedeniye* = Physics of Metals and Metal Science. 2019; 120 (12): 1264–1270. (In Russ.)

55. Gapontsev V. L., Seleznev V. D., Gapontsev A. V. Collapse of an equilibrium intra-phase boundary in substitution alloys in process of mechanical fusion. *Fizika metallov i metallovedeniye = Physics of Metals and Metal Science*. 2017; 118 (7): 665–678. (In Russ.)

56. Gapontsev V. L., Fedorov V. A., Gapontseva M. G. The language for description of the education content structure. *Pedagogicheskiy zhurnal Bashkortostana = Pedagogical Journal of Bashkortostan*. 2018; 5 (78): 75–94. (In Russ.)

57. Einstein A. *Osnovy teorii otноситel'nosti = Fundamentals of relativity theory*. Moscow; Leningrad: United Scientific-Technical Publishing House of NKTP, USSR; 1935. 106 p. (In Russ.)

Информация об авторах:

Гапонцев Виталий Леонидович – доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры гидравлики института строительства и архитектуры Уральского федерального университета им. первого Президента России Б. Н. Ельцина; ORCID 0000-0002-0580-8936; Екатеринбург, Россия. E-mail: vlgap@mail.ru

Федоров Владимир Анатольевич – доктор педагогических наук, профессор, директор Научно-образовательного центра профессионально-педагогического образования Российского государственного профессионально-педагогического университета; ORCID 0000-0001-7941-7818; Екатеринбург, Россия. E-mail: Fedorov1950@gmail.com

Дорожкин Евгений Михайлович – доктор педагогических наук, профессор, ректор Российского государственного профессионально-педагогического университета; ORCID 0000-0002-3714-6578; Екатеринбург, Россия. E-mail: dorles@mail.ru

Вклад соавторов:

В. А. Гапонцев провел анализ перспектив и проблем, связанных с введением нового элемента структуры общего образования «Структура научного знания (симметрия)», и анализ использования представлений о симметрии в содержании общего образования.

В. А. Федоров выполнил анализ результатов введения в содержание общего образования курсов КСЕ и ЕНKM и анализ структуры содержания общего образования в свете современных представлений о структуре научного знания.

Е. М. Дорожкин провел анализ результатов использования синергетического подхода в педагогике.

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 17.06 2020; принята в печать 07.10.2020.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Information about the authors:

Vitaly L. Gapontsev – Dr. Sci. (Phys.-Math.), Professor, Department of Hydraulics of Institute of Civil Engineering and Architecture, Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin; ORCID 0000-0002-0580-8936; Ekaterinburg, Russia. E-mail: vlgap@mail.ru

Vladimir A. Fedorov – Dr. Sci. (Pedagogy), Professor, Director of Scientific-Educational Centre for Vocational Pedagogical Education, Russian State Vocational Pedagogical University; ORCID 0000-0001-7941-7818; Ekaterinburg, Russia. E-mail: Fedorov1950@gmail.com

Yevgeny M. Dorozhkin – Dr. Sci. (Pedagogy), Professor, Rector of Russian State Vocational Pedagogical University; ORCID 0000-0002-3714-6578; Ekaterinburg, Russia. E-mail: dorles@mail.ru

Contribution of the authors:

V. L. Gapontsev conducted the analysis of perspectives and problems related to introduction of the new element of the general education structure “Structure of scientific knowledge (symmetry)”, and the analysis of use of the ideas about symmetry in the content of general education.

V. A. Fedorov carried out the analysis of results of introduction of “Concepts of the Modern Natural Science” and “Scientific World View” courses in the content of general education and the analysis of the structure of general education content in the light of today’s ideas about the scientific knowledge structure.

Ye. M. Dorozhkin performed the analysis of results of use of the synergetic approach in pedagogy.

Conflict of interest statement. The authors declare that there is no conflict of interest.

Received 17.06.2020; accepted for publication 07.10.2020.

The authors have read and approved the final manuscript.