

# ДИСКУССИИ

М. Г. Гапонцева,  
В. Л. Гапонцев,  
В. А. Федоров

## СИНЕРГЕТИКА В ПЕДАГОГИКЕ: ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПЕРЕНОСА\*

В статье проанализированы возможности применения синергетики в педагогике. С точки зрения авторов, универсальный характер синергетики сильно преувеличен. Сформулированы условия, при выполнении которых перенос методов других наук в область педагогики становится конструктивным.

In the article the possibilities of synergetics appliance in the pedagogics are analyzed. The universal character of synergetics was shown to be grossly exaggerated. The conditions were formulated, under which transference of other sciences to the pedagogic field become constructive.

Данная публикация является откликом на статьи Н. Б. Новикова [11] и Б. А. Мукушева [10], которые продолжают дискуссию о проблемах применения синергетики в педагогике и психологии, проводимую на страницах журнала «Образование и наука» с 2004 г. Необходимость дискуссии связана с повторяющимися попытками использовать в педагогике методы и подходы, успешно апробированные в других научных дисциплинах, особенно когда они имеют общий характер. Такой путь является естественным и допустимым, если при этом не «исчезает» специфика собственно педагогики. Однако необходимо с большой осторожностью относиться к любым нововведениям в педагогике, поскольку они имеют высокую социальную и экономическую цену. Особенность педагогической сферы связана с временным масштабом, свойственным образованию. Если продолжительность обучения оценивать средним временем возраста, когда человек получает высшее профессиональное образование: ~ 21–23 года, и добавить к нему период, в течение которого результаты полученного образования проявляются: ~ 7 лет, то мы получаем время (30 лет), в течение которого для общества становятся ясны результаты инноваций в образовании. Таким образом, данный период превышает среднее время деятельности научного работника и педагога-практика. Из этого следует, что инновации в рамках педагогической науки происходят бесконтрольно. Этим объясняются и волны модных новшеств в педагогике, сменяющие друг друга. В таких условиях стратегически правильным, на наш взгляд, является максимальная привержен-

---

\* Работа поддержана грантом РГНФ № 07-06-00638А от 2 марта 2007г. «Разработка подхода к построению структуры содержания непрерывного естественнонаучного образования».

ность традициям, т. е. следует только в крайних случаях отказываться от исторически оправдавших себя подходов в образовании и избегать поспешного применения новых научных идей в педагогической практике.

Другое дело – обсуждение новых идей в рамках научной дискуссии в педагогике. Но и в этом случае нам более обоснованной представляется преимущественно консервативная позиция: при возможном переносе в педагогику подходов, успешно оправдавших себя в других областях знания, приоритетным должно быть требование соблюдения специфики педагогической науки. Иначе говоря, перенос оправдан лишь в том случае, когда он позволяет продвинуться в объяснении эмпирического материала данной науки или ее устоявшихся принципов. И, наоборот, неоправданным, как нам кажется, является использование в педагогике применяемых в других областях знания подходов, основанное только на их «универсальности», т. е. успешности применения для широкого круга явлений.

Относительно синергетического подхода сложилось неверное мнение, что он пригоден при описании эволюции любой сложной системы. В основе этого представления лежат два положения. Одно из них состоит в том, что основы синергетики заложены в рамках неравновесной термодинамики Ильей Пригожиным [12]. Термодинамика – один из наиболее общих разделов физики, и естественно думать, что ее подраздел, описывающий открытые термодинамические системы, характеризуется такой же общностью. Но такой же степенью общности, как равновесная термодинамика, обладает только линейная неравновесная термодинамика, поскольку в ней принят принцип целлюлярного равновесия<sup>1</sup>. Это делает возможным локальное применение второго начала термодинамики и методов равновесной термодинамики при анализе неравновесных систем. Следствием этого обстоятельства, с учетом линейности термодинамических потоков и сил, является принцип минимума производства энтропии в стационарном состоянии. Согласно заключению самого И. Пригожина, в области нелинейной неравновесной термодинамики описание строится на основе метода локальных термодинамических потенциалов, который не имеет столь общего характера, как принцип минимума производства энтропии [12]. Вопрос о возможности записи локального термодинамического потенциала отдельно решается для каждой конкретной неравновесной термодинамической системы. Учитывая, что далеко не всякая система описывается как термодинамическая (экономические, социальные и многие другие системы, как правило, не имеют термодинамического описания), необходимо признать, что степень общности синергетического подхода в рамках его термодинамического варианта преувеличена.

---

<sup>1</sup> Целлюлярное равновесие – равновесие в подсистемах непрерывной системы в целом неравновесной (термодинамика).

Второе положение, породившее преувеличенное представление об универсальности синергетики, связано с исследованиями ряда ученых, которые опирались на анализ систем нелинейных дифференциальных уравнений. Так, в монографии известного исследователя Г. Хакена, одного из основоположников этого варианта синергетического подхода, продемонстрировано применение синергетики к ряду формально далеких друг от друга областей: от механики сплошной среды до экологии и описания социальных процессов [13]. В рамках анализа систем нелинейных дифференциальных уравнений иногда удается выделить медленные неустойчивые моды<sup>1</sup>, управляющие движением остальных мод. Неустойчивые моды – это параметры порядка. Часто для описания их эволюции удается построить систему обыкновенных дифференциальных уравнений. Возможность ее построения во многих случаях устанавливается на основе метода инвариантных множеств. Возможность дальнейшего анализа зависит от характера уравнений, описывающих эволюцию параметров порядка. Для грубой системы (А. А. Андронов, [1]) фазовый портрет имеет устойчивые характеристики и исследование можно провести методами качественной теории дифференциальных уравнений, которые характеризуются высокой степенью общности. Успешное применение этих методов анализа требует аналитичности систем дифференциальных уравнений. Существуют и другие ограничения, поэтому трудно говорить об универсальном характере выводов, полученных на основе упомянутого варианта синергетического подхода.

Трудности в применении синергетики осознаны специалистами сравнительно недавно [9]. Тем не менее, в рамках синергетического подхода удастся уловить некоторые общие качественные закономерности, которые можно конструктивно использовать при анализе процессов эволюции сложных систем различной природы. Такого рода закономерности описаны в монографии В. Эбелинга: *«В принципе структуры могут возникать в природе во всех тех случаях, когда выполняются следующие четыре необходимых условия:*

1. Система является термодинамически открытой, т. е. может обмениваться веществом и/или энергией со средой.
2. Динамические уравнения системы нелинейны.
3. Отклонение от равновесия превышает критическое значение.
4. Микроскопические процессы происходят кооперативно (согласованно)» [14].

Подчеркнем, что эти условия не следует рассматривать как универсальные и считать их априорно применимыми для описания любой сложной открытой нелинейной системы. Но, их можно использовать в качестве опоры при анализе эмпирического материала, полученного при изучении конкретной системы (физической, экологической, экономической, социальной и т. п.). Основа-

---

<sup>1</sup> Моды – члены фурье-разложения функции, характеризующиеся определенной частотой (математика).

нием для такого использования служит то, что эти закономерности уже были обнаружены во многих случаях [13, 14]. Такой способ действия представляется конструктивным, поскольку не накладывает априорных требований на поведение конкретных систем, но позволяет упорядочить результаты их эмпирических исследований. Именно так проведен анализ возможных типов структуры содержания непрерывного естественнонаучного образования [2, 3].

В качестве эмпирического материала, анализируемого с позиций В. Эбелинга, рассматривались факты из истории научного знания (математики, физики, химии), которое, согласно В. С. Ледневу, является одной из детерминант содержания образования [8]. Анализ показал, что «точки» бифуркации (в качестве последних рассмотрены моменты ответвления новых дисциплин от общего ствола научного знания) нельзя рассматривать как собственно точки. Они обладают длительностью, сопоставимой с длительностью существования возникающих элементов структуры научного знания (новых научных дисциплин) и имеют сложную внутреннюю структуру, связанную с дополнительным делением дисциплин на разделы и подразделы. В результате возникает картина древовидного графа, который, как можно предполагать, имеет фрактальный характер. Это положение имеет статус гипотезы, необходимой для дальнейшей работы при исследовании структуры содержания образования. Сформулировать ее нам позволило применение синергетического подхода к анализу эмпирического материала. В рамках этой гипотезы проводится исследование структуры содержания непрерывного естественнонаучного образования [4, 5].

Фрактальный характер структуры детерминанты переносится на содержание непрерывного естественнонаучного образования, что позволяет с новых позиций взглянуть на некоторые старые (но до сих пор не решенные) проблемы педагогики. К ним относятся: проблема слитного или раздельного изложения естественнонаучных дисциплин (включая математику), проблема оптимальной организации непрерывного образования и ряд других практически значимых проблем (к примеру, принципы формирования государственных стандартов по естественнонаучным дисциплинам). Предлагаемый вариант применения синергетического подхода в педагогике ориентирован на изучение конкретного эмпирического материала, опирается на признанные в педагогической науке методы (деятельностный метод в варианте В. С. Леднева) и позволяет формулировать новые научные гипотезы, полезные при решении конкретных задач.

Другой вариант конструктивного использования синергетики дает статья Н. Б. Новикова, опубликованная в предыдущем номере журнала [11]. Областью приложения синергетики (точнее нелинейных уравнений) в этой работе является не педагогика, а психология. В обсуждаемой работе перенос синергетического подхода в новую область применения производится на основе

аналогий между проблемами психологии и проблемами других естественнонаучных дисциплин, например экологии. При проведении этих аналогий фактически производится сравнение моделей, опирающихся на обширную эмпирическую базу. Результатом использования аналогий является перенос нелинейных уравнений из области одной научной дисциплины в другую. Так, например, уравнения известной модели Лотке-Вольтерра, описывающей взаимодействие в системе «хищник – жертва», переносятся из области экологии в область психологии. Или: уравнения А. Н. Колмогорова, описывающие ход процесса с обострением в задаче горения при наличии нелинейного источника тепловыделения, предлагается использовать в области нейрофизиологии и психолингвистике.

Такой путь представляется конструктивным, потому что речь идет о конкретных объектах: моделях, уравнениях, наборах эмпирических данных, и углубление анализа в направлениях, указанных автором, может привести как к оправданию предложенных аналогий, так и к отказу от них. Говоря языком философии научного знания, во всех этих случаях соблюдается принцип фальсификации знания: научным может считаться такое знание, которое может быть отвергнуто при сопоставлении с эмпирическим материалом. Таким образом, работа Н. Б. Новикова дает еще один пример конструктивного применения синергетики в новой области, близкой к педагогике.

Разумеется, работа имеет определенные недостатки, главным из которых является, на наш взгляд, большое число предлагаемых вариантов переноса моделей из одной области в другую. Возможно, было бы лучше, если бы автор ограничился одним – двумя примерами, но провел их более глубокий анализ. Тогда, вероятно, некоторые предложенные аналогии не выглядели бы слабо обоснованными. К таковым, например, можно отнести следующую: при обсуждении возможности использования модели «хищник – жертва» для описания взаимодействия идей, рождающего продуктивную аналогию, автор пишет: «Чем больше таких идей и чем *дальше (выделено нами)* они отстоят друг от друга, тем *выше* вероятность их встречи и последующего синтеза ценных аналогий» [11, с. 117]. В естественных науках принято считать, что чем дальше отстоят объекты друг от друга, тем ниже вероятность их встречи и взаимодействия. Тем не менее сама возможность провести обоснованную критику высказанных положений на основе сопоставления с эмпирическими данными позволяет признать конструктивными предложенные примеры применения синергетики для анализа проблем психологии.

Примером не совсем удачных вариантов применения синергетики в педагогике является, как нам кажется, недавно опубликованная работа Б. А. Мукушева [10]. Она напечатана в рамках проводимой дискуссии и является типичной, поэтому рассмотрим ее подробнее. В качестве основного и единственного аргумента о возможности применения синергетики в педаго-

гике автор статьи использует апелляцию к тому факту, что системы, с которыми имеет дело педагогическая наука 1) нелинейны, 2) незамкнуты и 3) неравновесны. Данная характеристика повторяется в тексте не менее десяти раз, что все же не усиливает ее в качестве аргумента. При этом один раз автор оговаривает, что эти требования являются необходимыми. То есть он понимает, что они не являются достаточными, но ни в одном из рассматриваемых случаев не приводит других требований. Неявно допущено, что синергетический подход при описании эволюции сложных систем, удовлетворяющих трем приведенным требованиям, безусловно, универсален и априори применим. Это, безусловно, не так: выше изложен анализ, который можно усилить тем, что, кроме нелинейных дифференциальных уравнений, существует много других, описывающих эволюцию в реальном мире, например – интегральные уравнения.

Для наглядности рассмотрим такую сложную систему как «трамвай». Трамвай является системой нелинейной во многих отношениях: электрические процессы в трансформаторах и двигателе описывают нелинейные уравнения, взаимодействие между пассажирами не имеет формально-математического описания, но очевидно его следует признать нелинейным и т. п. Эта система незамкнутая (открытая), т. к. пассажиры входят и выходят (обмен массой с окружением), не говоря уж о потреблении электрической энергии (обмен энергией с окружением) и разгоне – торможении на остановках (обмен количеством движения с окружением). И, наконец, данная система явно неравновесная: если ее изолировать, трамвай остановится. Тем не менее – никаких проявлений самоорганизации, возникновения новой структуры не наблюдается. Этот пример не следует рассматривать как попытку утрирования. Он позволяет внести следующее важное уточнение. Возможно, что некоторые процессы в сложной системе «трамвай» следует рассматривать с позиций синергетики, но не они определяют существенные (сущностные) стороны этой системы. В некотором смысле процесс обучения в школе скорее относится к категории «трамвай», чем к категории «формирование ячеек Бенара в слое жидкости». Хотя система «педагог – школьный класс» и состоит из взаимодействующих подсистем и сама является частью более широкой системы, необходимо показать на основе наблюдений, что в ней возникают новые структурные элементы при достижении критических состояний (точек бифуркации). Только в этом случае использование синергетического подхода при описании такой системы приобретает смысл. В противном случае оно остается просто риторическим приемом и не ведет к новым результатам. И, действительно, при внимательном прочтении статьи [10] новых научных результатов в области педагогики обнаружить не удастся. Под результатами, конечно, имеются в виду гипотезы, методы и т. п. которые продвигают вперед собственно педагогическую науку, а не учебные программы и планы уроков, при-

званные внедрить синергетику как дисциплину в учебный процесс с целью формирования современной картины мира. В последнем случае речь идет не о применении методов одной науки в рамках другой, а о новациях, вводимых в педагогическую практику.

В этом случае эффективность этих предложений следует оценивать, исходя из других критериев. К ним относятся, в первую очередь, сравнение временных затрат на обучение по старой схеме и с учетом новых предложений, а также оценка возможности материального обеспечения учебного процесса (литературой, методическими пособиями и квалифицированными кадрами). Такого рода оценки требуют кропотливой работы и не могут быть выполнены в рамках простого обсуждения статьи. Поэтому здесь приводятся фрагменты возможных оценок, опирающиеся непосредственно на текст публикации.

При обсуждении интегрированного урока на тему «Второй закон термодинамики и его приложение к изучению природных и общественных явлений» перечислены цели урока от «...раскрытия фундаментального и статистического характера второго закона термодинамики...» до «...ознакомления учащихся с принципами синергетики...». Утверждается, что в ходе урока «на одном научно-методическом уровне были раскрыты физические, химические, биологические и экологические аспекты (в частности, социальные) таких вопросов, как общность закономерностей эволюции природы и общества, энтропия как мера беспорядка в природе и ее социальная интерпретация, самоорганизация в открытых диссипативных системах, синергетическое объяснение возникновения жизни, бифуркационный характер развития сложных систем, эколого-синергетический взгляд на развитие современной цивилизации и т. д.» [10, с. 117]. Достаточно очевидно, что если привести всего лишь определения вышеупомянутых понятий, то затраты времени существенно превзойдут длительность одного урока. При существующей перегрузке программ естественнонаучных дисциплин достаточно сложно найти учебное время, необходимое для реализации заявленных задач, если не ограничиваться декларативным характером изложения. Возникает сомнение и в возможностях кадрового обеспечения, поскольку для проведения такой работы необходимы учителя широкого профиля, глубоко владеющие набором знаний от физики до вопросов биологии и социологии. Таких специалистов на данный момент практически нет. Даже автор рассматриваемой работы допускает определенные неточности формулировок, когда касается специальных вопросов. Например, при описании содержания курса «Синергетическая картина мира» сказано: «...подробно изучается второе начало термодинамики в качестве универсального учения» [10, с. 114]. Но второе начало термодинамики не является универсальным, оно, например, не применимо к вселенной в целом. Именно это обстоятельство, как известно, служит аргументом для исключения идеи теп-

ловой смерти вселенной. Второе начало термодинамики описывает состояние только термодинамических систем, в то время как в природе существуют и другие системы. Автор пишет и о развитии у учащихся школы «нелинейного мышления»: «Личность с синергетическим стилем мышления наделена прогностическим даром и способностью к опережающим действиям. Она, опираясь на нелинейный характер эволюции социоприродного мира, сможет указать на возможные траектории его развития и вероятно описать будущее состояние окружающей нас действительности» [10, с. 120, 121].

Приведенная характеристика формируемой личности излишне оптимистична. В настоящее время, этими возможностями отчасти владеют, но не отдельные личности, а отдельные учреждения, такие как «Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН». Трудности и проблемы, с которыми они сталкиваются на этом пути, описаны в статье Г. Г. Малинецкого [9].

Таким образом, практическая реализация педагогических новаций, описанных в статье Б. А. Мукушева, представляется трудной. Кроме того, существует опасение, что резкий отказ от традиционного построения изложения естественнонаучных дисциплин может привести к формированию личности не с «синергетическим стилем мышлением», а скорее к формированию личности с демагогическим стилем мышления, характеризующейся поверхностным владением современной научной терминологией. Проблема является весьма актуальной в связи с появлением большого числа курсов «Естествознание» и «Концепции современного естествознания», основным девизом которых является простодушное утверждение «современный человек не может не знать ...» и далее можно проставить: элементы квантовой механики, теории относительности, генетики и т. п. При этом нигде не приводятся аргументы, опирающиеся на анализ действительных потребностей современного человека.

Тупиковый характер этого подхода очевиден в связи с продолжающимся ростом научного знания и неизбежным появлением его новых областей. Более перспективным представляется путь создания системы непрерывного естественнонаучного образования, открывающего принципиальные возможности для выхода на все разделы и уровни развивающегося научного знания, т. е. формирования, в первую очередь, единой картины научного знания. Синергетика сама по себе для этих целей не подходит из-за относительной узости своей области (она, например, не охватывает механики), а также из-за трудностей ее применения, вскрытых в последнее время [9]. Попутно отметим, что завышенные ожидания от применения синергетики в естественнонаучных дисциплинах уже позади, а сейчас они проходят и в других областях знания.

И все-таки проведенное обсуждение применения синергетики в педагогике является полезным, поскольку позволяет выйти на некоторые характерные проблемы собственно педагогики. Одной из них является стиль, сформирова-



ровавшийся в литературе, посвященной педагогическим исследованиям. Его характеризует, например, использование ссылок на авторитеты в качестве замены доказательства сформулированных суждений. Так, в рассмотренной статье [10], посвященной обзору возможностей применения синергетики в педагогике, в списке литературы приведено двадцать восемь наименований. Из них только одна ссылка явным образом связана с именем исследователя, безусловно, авторитетного в области анализа нелинейных задач [6]. Остальные ссылки даны на работы авторов, проводящих общие рассуждения о возможностях синергетики, но не имеющих опыта применения на уровне ее аппарата. Такой стиль обсуждения переноса моделей и подходов из других научных дисциплин в педагогику усиливает «незащищенность» педагогики относительно некритичных заимствований, связанную с неизбежно большим сроком апробации инноваций.

Некритические заимствования в педагогику из других наук можно проиллюстрировать не только на материале синергетики, что придает общий характер рассматриваемой проблеме. Другой пример дает использование математической статистики в гуманитарных науках. О нем пишет известный исследователь в области философии науки Имре Лакатос [7]: «Прочитав работы Милля и Ликкена, можно было бы удивиться тому, что роль статистической техники в социальных науках главным образом определяется тем, что она дает аппарат для фальшивых подкреплений, и тем самым видимость “научного прогресса”, тогда как в действительности за этим не стоит ничего, кроме псевдоинтеллектуального мусора...как пишет Ликкен “статистическая значимость [в психологии] является, между прочим, наименее важным атрибутом хорошего эксперимента...”». Обоснование Лакатоса апеллирует к тому, что статистические методы при их применении в области гуманитарных наук, как правило, содействуют принятию объяснений, пригодных именно для этой конкретной ситуации (*ad hoc*). Дополнительно можно отметить, что применение ограниченного круга статистических моделей требует обоснования в каждом данном случае, особенно если изучаемые системы нелинейны. Без выполнения этого требования априорное применение математической статистики бессмысленно. Отчасти этой проблемы касается вторая работа, упомянутая в данной статье, там, где речь идет о применении распределения Парето – Ципфа – Уиллиса вместо гауссова распределения при описании нелинейных систем [11].

Возникает вопрос: «При каких условиях целесообразно переносить методы точных наук, в том числе методы синергетики, в педагогику?» Нам кажется, что перенос имеет право на существование, если его результатом является решение некоторых конкретных проблем педагогической науки и практики, подтвержденное анализом эмпирического материала и согласованное с апробированными методами, возникшими в рамках самой педагогики.

### Литература

1. Андронов А. А., Витт А. А., Хайкин С. Э. Теория колебаний. – М.: Наука, 1981. – 568 с.
2. Гапонцева М. Г. Интегративный подход в содержании непрерывного естественнонаучного образования: Автореф. дис. ... канд. пед. наук. – Екатеринбург, 2002. – 24 с.
3. Гапонцева М. Г., Гапонцев В. Л., Федоров В. А., Ткаченко Е. В. Курс «Естествознание» как интегрирующий фактор непрерывного образования // Образование и наука: Изв. Урал. отд. РАО. – 2001. – № 3. – С. 3–17.
4. Гапонцева М. Г., Федоров В. А., Гапонцев В. Л. Обобщение деятельностного подхода: структура содержания непрерывного естественнонаучного образования // Актуальные проблемы управления качеством образования: Сб. науч. статей / Под ред. Е. В. Яковлев. Вып. 12. – Челябинск: Изд-во ЧГИ, 2007. – С. 34–41.
5. Гапонцева М. Г., Федоров В. А., Гапонцев В. Л. Эволюция научного знания – детерминанта содержания образования с позиций синергетического подхода // Актуальные проблемы управления качеством образования: сб. науч. статей / Под ред. Е. В. Яковлев. Вып. 12. – Челябинск: Изд-во ЧГИ, 2007. – С. 27–33.
6. Князева Е. Н., Курдюмов С. П. Основания синергетики. – М.: Алатея, 2002. – 414 с.
7. Лакатос И. Методология исследовательских программ. – М.: ООО «Издательство АСТ»; ЗАО НПП «Ермак», 2003. – 381 с.
8. Леднев В. С. Содержание образования: сущность, структура, перспективы. – М.: Высш. шк., 1991. – 224 с.
9. Малинецкий Г. Г. Синергетика. Король умер. Да здравствует король // 2008. <http://spkurdyumov.narod.ru/koroli/htm>
10. Мукушев Б. А. Синергетика в системе образования // Образование и наука: Изв. Урал. отд. РАО. – 2008. – № 3(51). – С. 105–122.
11. Новиков Н. Б. На стыке между психологией и другими науками // Образование и наука: Изв. Урал. отд. РАО. – 2008. – № 8(56). – С. 114–133.
12. Пригожин И. От существующего к возникающему. – М.: Наука, 1985. – 327 с.
13. Хакен Г. Синергетика. – М.: Мир, 1980. – 404 с.
14. Эбелинг В. Образование структур при необратимых процессах. – М.: Мир, 1979. – 279 с.