

А.П. Усолецев  
**СИНЕРГЕТИКА ДИДАКТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Развитие современной системы российского образования характеризуется диалектически противоречивым движением в двух важнейших стратегических направлениях.

*Первое направление* определяется гуманистической парадигмой, приоритеты которой связаны с учетом индивидуальных особенностей ученика и удовлетворением его познавательных потребностей. Основной задачей учителя в рамках гуманистической парадигмы становится создание наиболее благоприятных условий для саморазвития личности обучаемого. В этом направлении осуществляется большое количество педагогических исследований, посвященных формированию и развитию самых различных личностных качеств учащихся. Можно сказать, что внутри дидактики происходит дифференциация научного знания по образовательным целям.

*Второе направление* обусловлено относительно недавним переходом отечественной экономики на рыночное регулирование. Этот переход заметно повлиял на сферу образования и определил ее движение в направлении интенсификации и технологизации образовательных процессов. Основное внимание стало уделяться повышению эффективности обучения за счет сокращения траты материальных ресурсов и максимально быстрого выполнения постоянно меняющихся требований рынка труда. Педагогические исследования в этом направлении связаны с разработкой универсальных алгоритмов управления образовательными процессами, независимыми от конечных поставленных образовательных целей. Это обуславливает своеобразную интеграцию частных методик обучения различным предметам на основе формальных образовательных процедур (например, организации и проведения ЕГЭ).

Отметим, что движение в первом направлении вызвано внутренней необходимостью дидактической системы каким-то образом учитывать уникальность и неповторимость каждого ученика, что неизбежно требует от педагога творческого подхода и исключает полную алгоритмизацию его деятельности.

Второе направление обусловлено, в основном, внешним давлением государственных институтов на образовательную систему с целью оптимизации материальных затрат и выработки неких универсальных механизмов и критериев, по которым можно будет определять качество образования уча-

щихся и эффективность работы как отдельных педагогов, так и образовательных учреждений в целом.

Технологизация образования требует от ученых-методистов постановки диагностических целей обучения, позволяющих алгоритмизировать деятельность учителя и за счет этого значительно повысить эффективность его работы. При разложении общих образовательных целей на частные диагностические целевые компоненты и определении механизмов, позволяющих установить степень их достижения, начинает проявляться случайный, вероятностный характер педагогического процесса, приводящий к тому, что конечный результат не «попадает» в узкий диапазон четко определенной цели. Возникает противоречие между необходимостью постановки диагностической образовательной цели и вероятностным характером получаемого результата.

Внедрение любой технологии требует унификации основных производственных операций, возможной только при одинаковых технологических свойствах предметов труда. Неповторимость каждого ученика сохраняет актуальность проблемы индивидуального подхода и делает проблематичным появление универсальной педагогической технологии, всесторонне описывающей алгоритм деятельности учителя. Компьютерная диагностика и дифференциация учащихся на ее основе еще раз убедительно доказывает, что сколь угодно алгоритмизированная, с каким угодно количеством ветвлений алгоритма педагогическая технология все же принципиально не устраняет необходимости творческого подхода учителя к своему труду. Поэтому можно сказать, что существует противоречие между требованиями унификации действий учителя, неизбежной при реализации педагогических технологий, и необходимостью разнообразия его деятельности при учете индивидуальных особенностей учащихся.

При дальнейшем развитии образовательной системы обнаруживается принципиальная неразрешимость сформулированных противоречий в рамках априори используемого кибернетического подхода, ограниченного областью исследования однозначно заданных и неизменных по структуре управляемых систем, которые не могут являться опорой при изучении спонтанных процессов самоорганизации. Невозможность использования математического аппарата и моделей, находящихся на уровне методологического обобщения,

является одной из причин появления методик, описываемых преимущественно на эмпирическом уровне и требующих при своей реализации интуитивных творческих действий со стороны учителя. Это приводит к тому, что большинство идей по формированию механизмов саморазвития учащихся так и остается нереализованным. Дальнейшее внедрение новых информационных технологий в образовательный процесс не снижает остроты существующих противоречий, а напротив, все больше показывает ограниченность явно или неявно применяемых в дидактике кибернетических подходов, наиболее эффективных в управлении замкнутыми равновесными линейными системами.

Тем не менее, многие ждут от педагогической науки окончательной и совершенной «сверхтехнологии», тогда на «выходе», как они считают, будет получаться измеримый и гарантированный результат, не зависящий от начальных свойств ученика и динамики его развития. Трудности, возникающие при разработке такой технологии, кажутся локальными и устранимыми: надо более четко сформулировать цели образования (вести образовательный стандарт), усовершенствовать методы контроля (вести ЕГЭ), внедрить новые информационные технологии (обеспечить каждую школу компьютерами и подключить к сети Internet) и т.д.

Все это очень похоже на ситуацию, возникшую в физике, когда казалось, что достаточно найти способы точного измерения всех начальных параметров молекул и можно будет предсказать все их дальнейшее движение и понять структуру идеального миропорядка. Дальнейшее развитие физической науки (установление необратимого и вероятностного характера не только термодинамических процессов, но и поведения макроскопических объектов, дуалистичности законов квантовой физики) показало несостоятельность такого механистического понимания устройства окружающего мира.

Разрешение проблемы возможно на основе принципиально нового подхода — синергетического, рассматривающего самоорганизующиеся открытые неравновесные системы. Как пишет Е.А. Ямбург, «не всем на свете можно и нужно стремиться управлять. Определить разумные пределы управляемости, проявляя тем самым управленческий реализм, не бояться некоторой неизбежной анархии, даже хаоса, осознавая его положительную роль в развитии системы, учиться видеть

неслучайные случайности, судьбоносные для системы в целом — для всего этого синергетика важна, прежде всего, как стиль мышления управленца» [1, с. 71].

Термин «синергетика» был введен Г. Хакеном как обозначение нового междисциплинарного направления современной науки, проявившегося в процессе исследований по теории лазеров и неравновесным фазовым переходам [2]. В настоящее время существует множество самых различных определений синергетики:

- нелинейная динамика открытых неравновесных систем [3, с. 27];
- общая теория самоорганизации в активных средах разной природы [4, с. 6];
- «междисциплинарное научное направление, целью которого было изучение универсальных, свойственных системам самой разной природы (в том числе и социальным) закономерностей самоорганизации и спонтанного порядкаобразования» [5, с. 5];
- «синергетика занимается изучением систем, состоящих из многих подсистем самой различной природы, таких как электроны, атомы, молекулы, клетки, нейроны, механические элементы, фотоны, органы, животные и даже люди» [6, с. 19] и т.д.

С общих позиций, формулируемых Г. Хакеном, можно считать, что синергетика занимается изучением временной эволюции систем, и ее можно считать частью общего системного анализа, поскольку и в синергетике, и в системном анализе основной интерес представляют общие принципы, лежащие в основе функционирования системы [там же, с. 361]. Универсальность синергетических законов не означает, что синергетика является «всеобщей и универсальной» областью, включающей в себя физику, философию, кибернетику, социологию, биологию, педагогику и другие науки. Раскрытие синергетических закономерностей связано с дальнейшим развитием системного подхода и определяет скорее не новую науку, имеющую собственный предмет изучения, а новую систему взглядов, парадигму, позволяющую увидеть многие научные проблемы под другим углом зрения.

Нет оснований сомневаться в том, что синергетические закономерности, показавшие свою всеобщность в системах самой различной природы, обнаружатся и в дидактических

системах. Эти системы, так же как и синергетические, обладают свойствами открытости, нелинейности, стохастичности и способностью к самоорганизации. Однако при переносе методов точных наук в гуманитарную область возникают значительные проблемы, связанные с формализацией понятий и процессов развития дидактических систем. Поэтому дидактические системы целесообразно относить к синергетическим лишь условно, используя при их исследовании только общие методологические идеи и принципы синергетической парадигмы.

С позиций синергетики перечисленные выше противоречия развития дидактической системы определяются одним общим противоречием — *противоречием между синергетической природой развития личности учащегося в процессе обучения и кибернетическим управлением этим развитием.*

Основной образовательной задачей становится создание условий для самоорганизации и саморазвития учащегося. При этом мониторинг этого развития должен осуществляться через четкие, измеряемые параметры, тогда как спонтанность, нелинейность и вероятностность свойств самоорганизующихся, синергетических систем позволяют добиваться «гарантированного результата» только в статистическом смысле.

Эффективность той или иной педагогической технологии будет зависеть не от того, насколько она детерминирована и алгоритмизирована, а от того, насколько она сможет учесть синергетический характер дидактической системы, повернуть вектор изменения субъектов обучения в нужном направлении, максимально задействовать внутренние и использовать внешние энергетические, материальные и информационные ресурсы. Разработка таких «синергетических» технологий — важная задача для методистов и дидактов, решение которой должно вывести педагогическую науку на новый, соответствующий современным требованиям уровень развития.

Учет и использование основных свойств синергетических систем и применение основных понятий синергетики в определении путей совершенствования дидактических систем открывают большие эвристические возможности.

Среди свойств синергетических систем мы выделили их открытость, нелинейность, автопоэзисность, стохастичность, фрактальность.

Рассмотрим эти свойства более подробно.

### 1. *Открытость*

Система является открытой, если она обменивается энергией и материей / информацией с окружающей средой. Свойством, противоположным открытости, является замкнутость, присущая системам, в которых исключен какой бы то ни было обмен с окружающей средой.

Рассмотрение вопроса о замкнутости системы является принципиальным для синергетики. Поэтому, предполагая, что дидактические системы являются синергетическими, логично было бы предположить, что и для них вопрос о взаимодействии с окружающей средой будет являться одним из основных.

Действительно, аспект открытости дидактических систем разного уровня во многом определяет границы применимости той или иной методики или технологии, тогда как вопрос открытости или закрытости системы в педагогических исследованиях чаще всего не рассматривается.

В предельном случае, когда внешние информационные воздействия на систему невелики, конечный результат в максимальной степени зависит от учителя. Например, при решении специфических, частнопредметных задач обучения систему «учитель – ученики» можно считать замкнутой. Действительно, трудно предположить, что учащийся, посещающий школу, изучал закон Паскаля или обучался решению задач по термодинамике вне школьного урока физики. Однако и в этом случае нельзя пренебрегать воздействием окружающей среды и исключать влияние независимых от учителя факторов. Достаточно часто встречается ситуация, когда ребенок начинает заниматься физикой вне стен школы (например, на различных подготовительных курсах или с репетитором). Причем деятельность других преподавателей, как правило, не согласуется с учителем физики, что при определенном стечении обстоятельств может дезорганизовать учащегося. Например, при обучении учащихся решению задач по механике учитель предпочитает методику решения задач координатным методом. Эвристическая деятельность ученика необходима только на этапе выбора системы отсчета и формализации данных задачи. После получения системы уравнений требуется лишь правильная алгоритмическая деятельность по ее решению. Понятно, что обучение учащегося алгоритму решения начи-

нается с достаточно простых задач, которые могут быть значительно проще решены эвристическим путем и без координатного метода.

Педагог-репетитор при разборе таких задач с учащимся может высказать сомнение в целесообразности такого сложного решения задачи и предложить другое, более простое решение. В результате учащийся не усвоит предлагаемый учителем координатный метод и не сможет в дальнейшем решать другие, значительно более сложные задачи, легко решаемые координатным методом.

Процесс формирования понятия количества вещества, например, уже зависит прежде всего от учителя химии и физики, а умение учащегося по решению физических задач определяется тем кругом людей, которые обучают школьника физике и математике (учителя, репетиторы, родители). Круг этих людей может быть и достаточно велик, но все же вклад учителя является весьма заметным, поэтому результат его деятельности является достаточно предсказуемым, а процесс обучения – более управляемым.

При постановке общих задач, таких как, например, формирование экспериментальных и исследовательских умений школьников, развитие логического мышления и т.д., система «учитель физики – ученики» не может рассматриваться как замкнутая, потому что внутри нее невозможно достижение поставленной цели без участия других учителей. В этом случае замкнутой условно можно считать систему, связанную с учебным учреждением, так как достижение цели требует совместных усилий всех педагогов.

Постановка глобальных целей, таких, например, как формирование научного мировоззрения, воспитание патриотизма и др., расширяет систему до размеров всего общества или даже ноосферы. Формирование у школьников научного мировоззрения вряд ли может однозначно зависеть от учителя физики и других педагогов школы, так как мировоззрение подростка складывается под действием огромного количества самых различных факторов, зависящих от родителей, окружающей социальной среды, средств массовой информации и т.д. Влияние учителя не является определяющим, а имеет второстепенный, вспомогательный характер, поэтому создание технологии формирования научного мировоззрения, реализуемой только на уроках физики и не учитывающей

действие остальной окружающей среды, нам представляется крайне проблематичным. Учитель, конечно, может и обязан ставить перед собой такие цели, но при этом он должен понимать и учитывать тот факт, что при постановке глобальных целей система «учитель – ученик» является максимально открытой.

Как показывают приведенные примеры, в случае замкнутой системы конечный результат в основном зависит от учителя (или учителей). Эти действия могут быть сильно алгоритмизированы, а результат – диагностично определяемым.

В случае открытой системы конечный результат зависит от внешних информационных потоков, учитель в этом случае может только частично регулировать эти потоки и управлять ими. В такой обстановке невозможно однозначно предсказать действия внешней среды на ученика и заранее дать рекомендации, поэтому действия учителя не могут быть жестко детерминированными, так как возникающие ситуации требуют от него творческих решений.

Например, учитель физики легко справляется с задачей подготовки знающего физика ученика к контрольной работе, так как в ходе этой подготовки все зависит только от взаимодействия системы «учитель – ученик». Для подготовки к участию в школьной или районной олимпиаде по физике учитель должен учесть требования своих коллег, участвующих в подготовке и проведении мероприятия. Подготовка ученика к победе на областной или региональной олимпиаде часто является для одного учителя объективно невозможной задачей, потому что требует более высокой квалификации и знаний специфики предлагаемых заданий. Успех в международной олимпиаде обусловлен усилиями целого коллектива педагогов и ученых высокой квалификации. В этом случае роль школьного учителя заключается в выявлении таланта школьника, формировании его высокой мотивации и организации широких связей учащегося с высокочлассными специалистами в различных областях (преподавателями вузов, учеными, изобретателями и т.д.).

Приведенный пример показывает, что нельзя сравнивать работу педагогов по количеству и уровню достижений учащихся в различных мероприятиях (олимпиадах, конкурсах, конференциях, выставках и т.д.) без учета возможностей по открытости социума для системы «учитель – ученик». Понят-



но, что учитель московской элитной гимназии имеет несравнимо большие возможности для подготовки учащегося, чем учитель отдаленной от научных центров деревни.

## 2. *Нелинейность*

Нелинейность системы означает, что связь различных характеристик, параметров или свойств этой системы между собой или с внешней средой описывается нелинейными уравнениями. Дальнейшее развитие синергетики и выявление нелинейности процессов в самых различных областях свидетельствует о фундаментальности нелинейных свойств материи. Н.Г. Басов пишет, что «мир в целом вышел за рамки линейного приближения» [7, с. 118]. Р.Ф. Абдеев отмечает, что «важнейшая закономерность объективной диалектики — нелинейность реальных процессов — еще не осмыслена философами, не нашла отражения в концептуальном аппарате материалистической диалектики, хотя нелинейность является всеобщей закономерностью в природе» [8, с. 24].

Процесс обучения и воспитания также не является линейным. В работах Т.С. Назаровой, В.С. Шаповаленко [9], С.М. Окулова [10] подчеркивается принципиальная нелинейность процессов обучения. С.М. Окулов считает, что целенаправленное развитие интеллекта должно осуществляться нелинейно, по экспоненциальной траектории индивидуального развития [там же, с. 18].

Например, скорость усвоения учебных элементов при самообучении учащегося возрастает по мере усвоения операций и формирования понятий, существенных в данной предметной области. В процессе же обучения, наоборот, под управлением учителя происходит первоначальное быстрое усвоение учащимся основных учебных элементов с последующим замедлением, обусловленным конечной «доводкой» знаний ученика до требуемого уровня.

Одной из характерных особенностей нелинейных систем Р.Ф. Абдеев считает нарушение принципа суперпозиции: «результат каждого из воздействий в присутствии другого оказывается не таким, каким он был бы, если бы другое воздействие отсутствовало» [8, с. 24]. Следствием этого является невыполнение закона аддитивности. Результат сложения представляет собой нечто другое, чем просто сумма составляющих слагаемых. Поэтому двукратное повторение материала не улучшает «прочность» знаний учащегося в 2 раза, увеличение матери-

альных затрат на образование в 2 раза не влечет за собой двукратное повышение его «качества» и т.д. В этом аспекте становится сомнительным, например, современное требование «линейности» к содержанию учебников, проявляющейся в примерно одинаковом количестве учебных элементов, предлагаемых в каждом параграфе изучаемой темы.

### 3. Автопоэзисность

Автопоэзисность характеризует способность системы изменяться по своим внутренним законам, не зависящим от внешних факторов. Такая система «сама себя создает», что и вызвало появление понятия «автопоэзисная система» (в переводе с лат. *авто* — «само», *поэзис* — «творчество»), т.е. система, которая сама себя «творит».

Теория автопоэзисных систем была разработана У. Матураном и Ф. Варелой [11]. Суть теории заключается в том, что реакция системы на внешние воздействия обусловлена не столько этими воздействиями, сколько собственным внутренним состоянием. Внешне проявляющееся поведение системы уже нельзя назвать реакцией. Действия системы определяются внутренними целями и могут быть не связаны с воздействиями окружающей среды. Кроме того, система может не только игнорировать внешний сигнал, но и вкладывать в него свой смысл.

Понимание «автопоэзисности» поведения человека и его зависимости не только от внешних, но и от внутренних состояний можно обнаружить в работах психологов еще начала XX в. У. Джемс пишет: «Каждый из нас постоянно переживает те или другие состояния сознания. В нас есть некоторый поток, некоторая последовательность “состояний” познания, чувства, желания, суждения и т.д., постоянно проходящих и возвращающихся, которая и образует нашу внутреннюю жизнь» [12, с. 11]. Далее он признает, что не имеет удовлетворительного ответа на вопросы, откуда и как приходят эти «поля сознания». Синергетический подход позволяет частично ответить на этот вопрос. Различные внутренние состояния человеческой психики, подобно картинкам в калейдоскопе, складываются из сочетания бесконечно разнообразных внутренних состояний, вызываемых к перемещению внешними силами.

Понятно, что внешнее воздействие на ученика с целью получения определенного поведения с его стороны – это то же самое, что вращение трубы калейдоскопа с целью получения

заранее придуманной нами картинки. Вероятность получения запланированного результата очень мала. Однако именно это и предлагается делать в педагогике при преувеличении возможностей деятельностного подхода, когда личность идентифицируется лишь со своими внешними проявлениями. Как пишет Ф.Ш. Терегулов, «подобный подход стал возможным благодаря гипертрофии односторонне активной роли внешней среды и деятельности в ней и умалению активной роли внутренней среды и внутренней активности индивида» [13, с. 74].

Например, в процессе проверки усвоения какого-либо понятия в рамках конкретного учебного предмета учащийся может правильно решить все предложенные задачи и дать верные определения. Это означает только то, что ученик освоил предложенные ему виды деятельности и лишь вероятностно подтверждает адекватность сформированного у него понятия. Мысленные модели в сознании ученика и учителя обязательно будут отличаться, но в пределах предлагаемых ученику заданий их свойства совпадают.

У. Джемс в своей работе «Психология в беседах с учителями» (в главе, имеющей название «Ребенок как организм, проявляющий себя поступками») призывал учителей смотреть на свою профессиональную задачу так, «как если бы она состояла преимущественно и существенно в выработке поведения, поступков детей» [12, с. 28]. Но перед этим У. Джемс всячески подчеркивал, что нельзя бесконечно сложную целостность ребенка, которую он называл «потоком сознания», расщепить на составляющие компоненты, в том числе и деятельностные: «Я выступаю за решительный отказ от того, чем и до сих пор еще столь старательно занимаются в учебниках психологии: от расщепления “духа” на отдельные составные или функциональные единицы, каждая из которых носит особый ярлык, имеет особое, техническое название» [там же, с. 23].

Таким образом, можно констатировать, что внутреннее состояние ученика меняется по своим, еще полностью не изученным законам, следствием которых является внешняя деятельность, позволяющая осуществить наблюдение. Именно поэтому не стоит ждать от анализа внешней деятельности слишком многого – внешние действия не смогут исчерпывающим образом показать всю глубину вызывающих их внутренних причин.

#### 4. Стохастичность

Стохастичность системы означает, что результат ее развития является необратимым во времени, так как носит вероятностный характер и может значительно зависеть от случайных флуктуаций. Если система находится в неустойчивом состоянии, то любая, достаточно малая флуктуация параметров внешних воздействий может вызвать движение системы в ту или иную сторону. Предсказать направление движения, определяемого малыми внешними возмущениями, принципиально невозможно.

Временная эволюция синергетических систем зависит от непредсказуемых причин. Наличие случайных сил, действующих на систему, порождает глубокие философские проблемы, связанные с противоречиями детерминистического подхода.

В качестве простого примера проявления стохастичности Г. Хакен [2, с. 24] рассматривает падение шарика на вертикально стоящее острие бритвы. В зависимости от начального положения шарика относительно лезвия его траектория отклоняется вправо или влево. Малейшее изменение начальных условий может привести к совершенно другой траектории. Сбрасывая шарик каждый раз при одинаковых условиях, экспериментатор получает различный результат.

Повышая точность определения начальных условий, мы можем более точно расположить шарик над лезвием, что, в свою очередь, влечет уменьшение величины флуктуации, от которой зависит тот или иной исход эксперимента. Таким образом, воздействие внешних факторов, как бы их ни пытался учесть экспериментатор, неизбежно вызывает непредсказуемые изменения системы, что отчетливо показывает вероятностный характер причинно-следственных связей всего окружающего мира – от элементарных частиц до сложных социальных систем.

То же самое можно сказать и о дидактических системах: чем более точно и диагностично мы описываем поставленную цель, тем сильнее начинают проявляться вероятностные свойства системы. Вероятностный характер педагогических прогнозов особенно заметно проявляется при постановке целей, требующих активного взаимодействия системы с окружающей средой. Именно поэтому гарантированный результат, провозглашаемый авторами различных педагогических

технологий, должен пониматься в статистическом плане как подтверждаемая степень вероятности достижения цели в большой совокупности учеников, а не гарантия достижения цели одним отдельно взятым учащимся.

### **5. Фрактальность**

Термин «фрактал» образован от лат. *fractus* – «состоящий из фрагментов». Фрактальность пространственного объекта означает, что он выглядит одинаково в различных масштабах. В общем понимании фрактальность системы показывает, что ее структурные подэлементы (фракталы) имеют те же свойства, что и сама система, и сами, в свою очередь, состоят из таких же элементов.

В образовательной сфере можно выделить последовательность включенных одна в другую систем: вся образовательная система – образовательные учреждения – ученические и учительские коллективы – личность учащегося – мотивационная, мыслительная сфера личности ученика. Так как все эти системы, несмотря на их различную природу, так или иначе проявляют свойства синергетических систем, то в этом контексте можно говорить о своего рода фрактальности педагогической системы: свойство открытости, например, присуще как всей системе образования в целом, так и мотивационной сфере отдельного учащегося, в частности.

Необходимость учета фрактальности элементов дидактической системы позволяет дать ответ о целесообразности интеграции или дифференциации отдельных учебных предметов школьного курса. Дифференциация или, наоборот, интеграция предметов естественно-научного цикла и отдельных тем внутри одного предмета возможна при одном важнейшем условии: что объединение или разделение позволяет в новом содержательном материале выделить целостную структуру научной теории, имеющей основание, ядро, следствие и интерпретацию [14]. В противном случае разрушается целостность предлагаемой ученику дидактической единицы, что затрудняет формирование его научного мировоззрения.

В использованных примерах нами целенаправленно не приводятся конкретные, частнометодические рецепты достижения определенных результатов, а показываются возможности синергетического подхода к решению самого широкого спектра общедидактических и частнометодических образовательных задач.

## Литература

1. *Ямбург Е.А.* Управление развитием адаптивной школы. М., 2004.
2. *Хакен Г.* Синергетика: иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах / Пер. с англ. М., 1985.
3. *Чернавский Д.С.* Синергетика и информация: динамическая теория информации. М., 2001.
4. *Лоскутов А.Ю., Михайлов А.С.* Введение в синергетику: Учебное руководство. М., 1990.
5. *Василькова В.В.* Порядок и хаос в развитии социальных систем (синергетика и теория соц. самоорганизации). СПб., 1999.
6. *Хакен Г.* Информация и самоорганизация: макроскопический подход к сложным системам / Пер. с англ. М., 1991.
7. *Басов Н.Г.* Квантовая электроника и философия: В 3 т. // Диалектика в науках о природе и человеке. М., 1983. Т. 1.
8. *Абдеев Р.Ф.* Философия информационной цивилизации. М., 1994.
9. *Назарова Т.С., Шаповаленко В.С.* Парадигма нелинейности как основа синергетического подхода в обучении // Стандарты и мониторинг в образовании. 2003. № 1. С. 9–15.
10. *Окулов С.М.* Компьютер как инструмент создания нелинейной среды обучения // Стандарты и мониторинг в образовании. 2003. № 6. С. 21–25.
11. *Maturana U., Varela F.* Autopoiesis and Cognition. Dordrecht, 1980.
12. *Джемс У.* Психология в беседах с учителями. СПб., 2001.
13. *Терегулов Ф.Ш.* Методологические проблемы развития образования и теоретические вопросы педагогической науки // Школьные технологии. 1999. № 5. С. 55–80.
14. *Каменецкий С.Е., Пурышева Н.С., Важеевская Н.Е.* Теория и методика обучения физике в школе: Общие вопросы: Учеб. пособие для студентов высших пед. учеб. заведений. М., 2000.