

АКТУАЛЬНЫЕ ДИСКУССИИ

УДК 378.14: 53
ББК 74.58

К ПРОБЛЕМЕ ИНТЕГРАЦИИ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ ЗНАНИЙ

В. С. Идиатулин

Ключевые слова: естественнонаучное образование, педагогическая интеграция, научная интеграция, дифференциация учебных дисциплин.

Резюме: Статья посвящена актуальной проблеме интеграции содержания образования. Автор сопоставляет проблемы педагогической и научной интеграции, выявляет центральное противоречие высшей школы между необходимой интеграцией и объективно существующей дифференциацией дисциплин, намечает пути решения проблемы интеграции на понятийном, методологическом и деятельностном уровнях.

К перспективным направлениям совершенствования содержания высшего образования относят педагогическую интеграцию учебного знания. Изучаемые дисциплины формально разобщены в учебных планах вузов, понятийно-терминологический аппарат неоправданно различается даже в близких областях знания, используемая символика взаимно не увязана. Обучаемые испытывают затруднения при одновременном или последовательном изучении таких учебных дисциплин. Надежды на развитие межпредметных связей на практике плохо себя оправдывают. Наиболее интенсивными оказываются горизонтальные связи, которые воплощаются в учебной деятельности, но они почти неуправляемы – отсутствует практическая возможность воздействия на связи, затруднено их совершенствование, упрочение и устойчивость, велико влияние субъективного фактора. Поддержание таких связей требует непрекращающихся усилий и пока не является естественным процессом для системы образования. Не удастся закрепить даже связи математики и физики в учебном процессе вуза в единой программе физико-математической подготовки. Она оказывается организационно, методически и методологически не поддержана, что, по-видимому, носит принципиальный характер – не напрасно во многих курсах общей физики излагается необходимый материал математики, а для теоретической физики это вообще характерно, иначе удовлетворить потребность в необходимом знании было бы невозможно.

Объединение естественнонаучных знаний в единую картину мира [10] возможно при осознании и усвоении фундаментальных закономерностей природы как основы единства учебного знания. Исторически сложившаяся структура обособленных учебных дисциплин, каждая из которых независима от других и создает свою картину мироздания, оставляет возможность только стихийного объединения учебных знаний в сознании обучаемых. Такая блочная гетерогенная интеграция может быть названа многопредметной [6]. Ее перегруженность учебной информацией и низкая эффективность неоднократно отмечалась в педагогических исследованиях [12]. Стихийной интеграции естественнонаучного знания способствует его востребованность как общепрофессиональными (общеинженерными), так и специальными дисциплинами. Это обстоятельство отсутствует на уровне общего и оказывается ведущим для высшего профессионального образования. Появляется поле учебной деятельности, использующее результаты предшествующего обучения, включающего и естественнонаучную подготовку, одним из детерминирующих факторов содержания которой оно является. Целостная концепция междисциплинарной интеграции разработана авторами работы «Высшая школа XXI века: проблема качества» Н. Чебышевым и В. Каганом [21]. Суть ее в том, что любая познавательная и профессиональная проблема является полидисциплинарной, она требует анализа и построения решения с позиции каждой из связанных с ней дисциплин и последующего объединения дисциплинарных решений в целостную картину. Последнее рассматривается как определяющий критерий практической реализации междисциплинарной интеграции и востребованности дисциплины. Отсюда вытекают целевые функции разных групп учебных дисциплин. Для фундаментальных (в т. ч. естественнонаучных) дисциплин необходимо обучение исследованию целостного решения реальной или модельной профессионально значимой проблемы средствами этих дисциплин, что идейно близко к контекстному обучению [2].

Интеграция естественнонаучных дисциплин становится естественным процессом при появлении особой предметной области интегрированных наук. Исследование строения атомов и молекул и кинетики химических реакций физическими методами породило самостоятельную науку – химическую физику, а теоретической основой химических технологий, выясняющей механизмы явлений, стала физическая химия. Физические процессы Земли изучает геофизика, а ее химический состав геохимия. Структурами биосистем и физическими процессами в них занимается биофизика, а химическими процессами – биохимия. Свои предметные области получили биогеография и биогеохимия. Из подобного перечня следует выделить эмерджентные науки и учебные дисциплины, которые охватывают большую часть предметных областей интегрируемых

наук, впитывают их идеи, методы и понятия, вырабатывая на их основе более емкие и общие, свой метаязык. Таковы кибернетика и информатика, изучающие закономерности процессов управления и передачи информации в технических, биологических и социальных системах; общая теория систем Л. Берталанди и тектоника А. А. Богданова, постигающие изоморфизмы физических, биологических и социальных закономерностей, а также синергетика, которая изучает общие законы процессов самоорганизации в сложных системах.

Основное требование к курсу информатики – дать практические навыки пользователя, казалось бы, открывает пути ее интеграции с любой естественнонаучной дисциплиной. В учебный процесс широко внедряются компьютерные курсы, содержащие текстовый и графический материал, таблицы, схемы, формулы, рисунки. Для привлечения и концентрации внимания используются цветная графика, мультипликация, видеодемонстрации, дидактические компьютерные игры как средство обучения, диагностики и тренажа. Выступая и в качестве базы данных – источника информации, и как кодирующее устройство, компьютер позволяет увеличивать ее избыточность путем тривиального повторения или толкования [13]. Однако проблема создания обучающих программ остается открытой, пока компьютеры выступают в качестве демонстраторов или интерпретаторов фактов. С точки зрения познания никакой компьютер не заменит наблюдаемый процесс, непонятное на предметном языке останется не понятным и на языке компьютера. Интерес к работе с компьютером остается чисто внешним, его возможности не используются из-за методической незавершенности программного обеспечения, подчиненность логике программы не способствует развитию мышления. Обучающие компьютерные системы должны обладать алгоритмической структурой для логически и когнитивно обоснованной подачи учебного материала, методического отбора упражнений. Они призваны регулировать учебный процесс в режиме обратной связи для индивидуализации усвоения на требуемом уровне. Во многих случаях использование компьютеров в учебном процессе оказывается экономически и дидактически неэффективным, тот же результат может быть получен ценою меньших затрат другими средствами. Для всех дисциплин, кроме информатики, работа с компьютером должна быть не самоцелью, а средством обучения, возможности компьютера шире принтера и калькулятора. Его обучающая и контролирующая функции ограничены такими жестко формализованными дисциплинами, где определяющими являются действия по алгоритму, а не осмысление причинно-следственных связей [1]. Как носители информации компьютеры впишутся в учебный процесс при доступном обеспечении ими каждого обучаемого в вузе и дома с мобильными или дистантными системами

связи. Полная информатизация учебного процесса даже опасна, она не научит думать и аргументировать, может приводить к снижению творческого потенциала, алгоритмизации мышления, внедрению в образование догматических систем [3].

Концепция реформирования общего естественнонаучного образования предполагает интеграцию учебных дисциплин в единые комплексы с общей целевой функцией, существенными и значимыми междисциплинарными связями [4]. Ориентация не на узкую специальность, а на удовлетворение широких образовательных потребностей, диктуемых направлением обучения, вносит новые представления о структуре естественнонаучного знания. Безусловно, сложившееся деление на классическую и неклассическую науки давно стало тормозить обучение в первую очередь из-за резкой противоречивости подходов [8]. После отработки моделей современных фундаментальных курсов естественнонаучных дисциплин и организационного становления общего высшего образования станет возможной и более тесная интеграция естественнонаучной подготовки на основе реализации принципов преемственности, всеобщности связей, целостности и системности. Потребуется создание интегративного учебного тезауруса изучаемых дисциплин, установление и учет внутри- и междисциплинарных связей, отражающих объективное единство естественнонаучного знания, его универсальное значение для природы, техники и человека. В общей предметной области возможны создание объединенного лабораторного практикума, разработка полидисциплинарных учебных заданий. В системе же профессионального высшего образования рано или поздно придется признать, что предметные области естественнонаучных дисциплин расширились главным образом благодаря их дифференциации, а полная их интеграция, скорее всего, окажется невозможной. Постигать единство можно через задачи и завершающие интегративные курсы [4], естественнонаучные дисциплины будут все же сохранять предметную расчлененность [15], а основные акценты уместно направлять в сторону их консолидации и педагогической интеграции.

Методологическая функция консолидации естественнонаучной подготовки заключается в формировании системы общих знаний о мире, достижении определенного уровня естественнонаучного миропонимания, организации научного мышления. Необходимая общность может заключаться в требованиях к уровням интеллектуальности приобретаемых знаний, умений, навыков, их профильной и профессиональной ориентации. Структурам обученности тоже должен быть придан характер метапредметных с объединяющей ролью организации учебного процесса [6]. Единство характера познавательной деятельности призвана обеспечить и методология преподавания наук, включающая ап-

парат логики, когнитологии, эдукологии, общенаучную и естественнонаучную терминологию.

Педагогическая интеграция и консолидация ориентируются на цели образования, на проектирование и проведение учебного процесса, прогностику его результатов. Они не достижимы силами какой-либо одной кафедры, поскольку осуществляются не только на уровне обучающей деятельности, но и на целевом уровне деятельности выпускника. Они призваны разрешить центральное противоречие высшей школы между необходимой интеграцией и объективно существующей дифференциацией дисциплин. Противодействие в первую очередь исходит из традиционной концепции учебной дисциплины вуза, перед которой никогда не ставились интеграционные цели. Никто не учит использовать научный потенциал фундаментальных дисциплин для исследования профессиональных ситуаций. Это нельзя ставить в вину самим дисциплинам, поскольку на момент их изучения совсем не сформировано в сознании обучаемых профессиональное предметное поле. Так, в практике сельскохозяйственного вуза попытка рассмотрения в курсе физики магнитных свойств почв натолкнулась на то, что общие и все другие свойства почв изучаются значительно позже. Учебная дисциплина может только косвенно работать на конечную цель, если таковой считать подготовку специалиста, а ее востребованность не в последнюю очередь зависит от выпускающих кафедр, их интеллектуального багажа. Переход от предметного обучения к целостному – это весьма масштабная и долговременная стратегическая задача, поскольку истинная проблема интеграции знаний гораздо глубже.

Для дисциплин с самостоятельным предметом исследования объективна дифференциация, она является тем естественным процессом, в который включаются исследователи, педагоги и ученые. Концепция интегративности современна в общекультурном плане как стремление к единому системному восприятию мира, преодоление узкого взгляда на мир, взаимопроникновение культур вследствие информатизации общества. Она естественным образом реализуема, когда у наук появляется общая предметная область. Существует, однако, мнение, что наука и инженерия самим фактом своего существования опровергают тезис о единстве мира («НГ-наука», № 8, сент. 1998 г.). Наука не зеркало природы, в нее включаются непременно построения ума, а инженерия предполагает создание артефактов, не существующих в природе. Интеграция необходима, когда возникает задача совмещения несовмещающихся аспектов действительности, когда нужно системно соотнести и связать друг с другом разнопредметные представления одного объекта [22]. Так, известный ученик Н. Е. Жуковского В. П. Горячкин, чьим именем назван Московский агроуниверситет, еще в начале прошлого века, исходя из задач сельскохозяйственного

производства, системно переработал курсы механики, физики, математики, создав интегративный курс, названный им «Земледельческая механика». Есть и более современные примеры того, как в технических вузах на принципах единства математики, физики, механики и ее приложений (сопромат, гидравлика, теория машин и механизмов и др.) разрабатываются интегративные курсы [18] для изучения фундаментальных и общеинженерных дисциплин с позиций технического творчества, профессиональной деятельности инженера.

Такая интеграция учебного знания считается перспективной для совершенствования содержания высшего профессионального образования. Она относится, прежде всего, к дисциплинам, имеющим учебное, научное и профессиональное единство, когда несущественные различия в понятийно-терминологическом аппарате тормозят их самостоятельный синтез в сознании обучаемых. Разработок и исследований такого рода весьма мало, по сути, это единичные авторские курсы [18, 14], ориентированные на потребности конкретного вуза, практически не востребованные другими. Отсутствует и теория их педагогического проектирования. Более удачна интеграция инженерных и педагогических знаний, в профильных вузах именно она определяет содержание профессионально-педагогического образования [20]. Здесь интеграция рассматривается как рост числа и интенсивности взаимодействия элементов, снижение их относительной самостоятельности.

На методологическом уровне педагогическая интеграция означает перенос представлений, знаний и принципов из одних отраслей в другие, приводящий к появлению дисциплин, в которых представлены предметные области других. На практике это слияние в одном курсе элементов разных учебных предметов. Практика же показывает и сложность этого пути. Так, включение в последовательный курс математики примеров из механики, физики, химии, биологии, экологии вовсе не превращает их разрозненные фрагменты в цельный курс естествознания. Логика изучения физики, химии, биологии не требует поначалу развитого математического аппарата. Трудно сразу найти стержневую идею, которая объединила бы естественнонаучные дисциплины в единый курс. Полезней их дидактическая интеграция по методу обучения, по мотивации и критериям развития, по педагогическим закономерностям усвоения и элементам деятельности, а не ограничение межпредметными связями. Идеально было бы ввести вертикальную преемственность естественнонаучных дисциплин по мере роста сложности объектов изучения: от частиц и атомов к молекулам, клеткам, организмам и их сообществам вместе с их окружением. Принцип преемственности мог бы стать системообразующим фактором интеграции естественнонаучных дисциплин не только на уровне эволюции микростроения, но и на других этапах развития. Так можно было бы связать зер-

кальную симметрию животных с их ростом и движением в поле тяжести Земли и обеспечением их равновесия; то же самое определяет осевую симметрию растений. Большое содержание воды в организмах спасает их от перегрева, на него хватило бы и чашки горячего чая, будь организм из золота или свинца, теплоемкость которых в 32 раза меньше, чем у воды. Немало найдется и ярких проявлений химии в биологии, однако учебные планы вузов никак не увязывают дисциплины друг с другом.

Физика играет фундаментальную роль в системе естественнонаучной подготовки, она является главным языком и интеллектуальной основой всех естественных наук, а ее мировоззренческое значение является наиболее заметным. Однако все достижения человечества реализуются в веществах, универсальным языком природы является и химия, ее метод познания еще не вполне освоен, особенно потому, что он не всегда отвечает законам формальной логики. В учебном процессе преобладает химия описательная, раскрывающая содержание и историю открытия химических явлений, процессов и фактов [19]. Способствует этому и то, что химия изучается на первом курсе, одновременно или даже раньше физики. Она вынужденно опирается на тот материал о строении атома, который усвоен в общеобразовательной школе, где учебные дисциплины столь же не связаны друг с другом. Кроме того, большая часть химии пока еще не обобщена химическими теориями и приходится чаще оперировать фактами, узнавать их на собственном опыте в лабораторном практикуме и повседневной жизни. Химические взаимодействия, как правило, многовариантны и неоднозначны, большей частью необратимы. Многогранные свойства химических веществ не позволяют с определенностью относить их к одному и тому же классу. Единой теории химических веществ, связей и соединений пока нет [19]. Фундаментальная уникальность химического уровня строения веществ качественно отличает его от физического. Химическими являются такие свойства, которые характеризуют способность одних веществ превращаться в другие. Сведения о них чрезвычайно важны, поскольку только они открывают путь к их использованию в современных технологических процессах.

Изучение все более сложных химических соединений, включая высокомолекулярные органические, должно, в конце концов, приводить к усвоению их качественно новой организации, которая есть жизнь. Хотя В. И. Вернадский считал, что живой организм отличается от всего еще и атомами, однако и физики, и биологи уверены, что в организме нет ни одного атома, который бы чем-то отличался от атомов неживой природы. Отличает живое от неживого удивительная согласованность и направленность процессов, удивительная настолько, что ставит почти неразрешимую загадку, непостижимую тайну жизни. И эту тайну призвана постигать биологическая наука, информацион-

ный взрыв которой в наше время заставляет искать особые пути изложения учебного материала, опирающиеся на системно-функциональный подход. Нужно деятельное биологическое образование, последовательно изучающее функционирование природных систем от молекулярного до эволюционного уровня.

Синергетика является примером единения научной культуры разных учебных дисциплин, она изучает самосогласованное действие элементов сложных физических, химических, биологических, экологических, социальных, космологических систем, которое обеспечивает их становление, самоорганизацию и развитие. Идеи синергетики уже включаются в вузовские учебники и примерные программы, порождают новую философию, новые подходы к образованию [16, 23]. С ней связывают современные тенденции совершенствования курсов естественнонаучных дисциплин в вузах, для которых пока характерны обособленность разделов, отставание от современного уровня развития науки [5]. На основе синергетики возможно включение в курсы общей физики динамики неустойчивых систем, термодинамики открытых систем вдали от равновесия, нелинейных колебаний, квантовой необратимости. В общей химии могут рассматриваться автокаталитические реакции, химическая эволюция материи, образование макромолекул. В ДНК нет места для полного чертежа живого, его развитие тоже есть последовательность автономных актов самоорганизации, управление которыми и закодировано в генах. Живой организм есть иерархия автономных самоорганизующихся систем, управление которыми позволяет избежать хаотизации и обеспечивает переход к устойчивым состояниям. Генетический код един, триплетен и избыточен, эмбрионы видов сходны, а сами виды связаны единой экосистемой, в которой происходит взаимодействие и самоорганизация популяций. Синергетика как модель солидаризма помогает понять и связь людей, и хаотическое поведение в экономике, и любое возникновение порядка из беспорядка, она дает новую парадигму развития социальных систем, ограниченного рамками экологического императива [17]. Для синергетики находится место и в учебных планах вузов. Они предусматривают элективные курсы по циклу естественнонаучных дисциплин. Такой элективный курс был разработан автором для студентов инженерно-технических специальностей по направлению «Агроинженерия». В него включены основные вопросы термодинамики открытых систем, шкалы и концепции эволюции реального мира, эффективность переноса энергии при образовании структур в физических и химических средах, биологические и климатические циклы вещества и потоки энергии, процессы самоорганизации популяций и человеческих сообществ. Построены математические модели самоорганизации на рассмотренных примерах физических, химических, биологических,

экологических и социальных систем. Таким образом, курс не только использует усвоенный материал, но и выводит за пределы предметного мышления, содействует интуитивному стремлению к единой картине мира, преодолевает размежевание разных культур, способов мышления, органично включается в естественнонаучную подготовку инженера [7].

Информационный бум последних лет требует от образованного человека способности ориентироваться не только в полученных в вузе знаниях, но и в тех, которые исходят из источников массовой информации. Это ставит общую проблему согласованности всего массива информации с устоявшимися представлениями, нормами и ценностями, многие из которых зачастую не дополняют, а противоречат друг другу [9]. Отсутствие готовых систематизированных знаний, подлежащих усвоению, превращает обучаемого в самостоятельного субъекта учебного процесса. Вместо объективных, проверенных общественной практикой непротиворечивых знаний он должен быть подготовлен к тому, что придется систематизировать и получать информацию, т. е. сведения любого характера, не обязательно достоверные и совпадающие друг с другом. Научить собирать и извлекать из разрозненной информации то, что можно будет назвать знанием, причем не подобранным кем-то другим, а именно персонифицированным знанием – это важная задача образования. Не привлекает, однако, идея сближения научного и религиозного знания вплоть до распространения на них принципа дополнительности. Это ведет к доктрине релятивизма, согласно которой выводы делаются на основе критериев, не имеющих внутренней обоснованности, зависящих от группового мнения. Нормы разных школ различаются, но полагаются равноценными. Такой релятивизм противостоит не истине, а разуму. Эвристическая мощь естествознания базируется на осознанном применении всех средств научного познания, говорить о его новом характере можно было бы, если бы оно использовало иные познавательные способности взамен научных [9].

В сферу любого производства кроме сырья, техники и технологий включены люди, с ними надо учиться уметь работать. Мир сейчас живет в особой техногенной культуре, менталитет которой все еще формируют естественные науки. Уже во второй половине прошлого века проектные физические параметры технических устройств подошли к предельным значениям, при этом, согласно И. Канту, здравый смысл становится нужнее, чем наука, и ею не приобретается, а такой фундамент всегда будет необходим. Следующий век станет веком наук о человеке и человечестве, когда в это русло вместе войдут естественные и гуманитарные науки. Однако понимание гуманизации обучения как повышение роли гуманитарных дисциплин в учебном процессе вуза не всегда способствует культурологическим, философским, психологическим, пе-

дагогическим, эстетическим и социальным аспектам профессионального образования. В учебные планы технических вузов входят рекомендованные в соответствии с требованиями ГОС философия, история, правоведение, политология, социология, культурология, психология, педагогика, экономика, физкультура, русский и иностранные языки, на которые отводится почти 1/4 учебного времени. В качестве элективных предлагаются этика, политическая культура, психология общения и управления, национальная политика, истории предпринимательства и мировых войн, культурные параллели России и Европы, философские проблемы хозяйствования, религиозная и духовная культура личности и многие другие, выражающие не столько потребности и запросы обучаемых, сколько возможности и интересы гуманитарных кафедр. Инженеру же не помешали бы курсы по истории науки и техники, на живых примерах раскрывающие поиск и техническое творчество ученых и инженеров.

Если возможна редукция наук о культуре к естествознанию, для чего нужно свести ее факты к законам, законы к принципам, то исчезнет кажимость многообразия и выступит простота точных наук [11]. В гуманитарных науках тоже существуют постоянные факторы как отпечаток всеобщих причин. Их понятия и сходны, и отличны от понятий естествознания. Но гуманитаризация образования не тождественна его гуманизации. Закон об образовании трактует последнюю как приоритет общечеловеческих ценностей жизни и здоровья, свободы и плюрализма, демократизации управления, развития личности, автономности вузов, свободы в выборе методов обучения и оценке знаний. Гуманизация подразумевает привитие навыков социального общения, толерантность к мнениям, самовыражение личности, обогащение содержания образования. Гуманитарная компонента в естественнонаучных дисциплинах должна быть, по сути, герменевтической, т. е. истолковывающей и объясняющей учебный материал не просто с позиции науки переднего края, а на базе, доступной пониманию студента. О том, насколько трудна эта задача, говорит опыт всей системы преподавания – от полной невозможности достоверного и наглядного описания современных научных представлений до безуспешности их понимания и объяснения [15]. Этот довольно пессимистический взгляд опровергается тем, что в курсах естественнонаучных дисциплин в большинстве случаев на основе простых выводов удается проследить логическую структуру и единство всего того, что иначе выглядело бы энциклопедическим собранием явлений и законов. Необходимо отвечать на вопрос «Почему?» во всех случаях, когда это возможно, объяснять, что ответ существует, когда он слишком сложен, и демонстрировать его на доступных примерах, но также и признавать, что есть в науках такие факты, которые пока еще не нашли простого объяснения.

Литература

1. Айнштейн В. Г. Информатизация: приобретения и утраты // Высшее образование в России. 1999, № 5. С. 89–92.
2. Вербицкий А. А. Активное обучение в высшей школе: контекстный подход. М., Высшая школа, 1991. 207 с.
3. Геращенко И. Г. Догматические и критические системы в образовании // Высшее образование в России. 1998, № 1. С. 77–80.
4. Годубева О. Н., Кагерманьян В. С., Савельев А. Я., Суханов А. Д. Как реформировать общее высшее естественнонаучное образование // Высшее образование в России. 1997, № 2. С. 46–53.
5. Грибов В. М. Пути совершенствования вузовского курса общей физики // Физическое образование в вузах. 1997. Т. 4, № 3. С. 147–152.
6. Егоров Ю. В., Аркавенко Л. Н. Найдется ли место для методологии науки в преподавании естественнонаучных дисциплин // Магистр. 1996, № 5. С. 87–95.
7. Идиатулин В. С. Естественнонаучная подготовка в образовании инженера // Физическое образование в вузах. 2003. Т. 9, № 2. С. 8–23.
8. Идиатулин В. С. Методическая концепция квантовой теории в курсе общей физики вуза // Физическое образование в вузах. 1996. Т. 2, № 3. С. 87–92.
9. Идиатулин В. С. Непреходящие альтернативы миропонимания // Магистр. 1998, № 6. С. 87–95.
10. Ильченко В. Р. Формирование естественнонаучного миропонимания школьников. М., Просвещение, 1993. 192 с.
11. Кассирер Э. Естественнонаучные понятия и понятия культуры // Вопросы философии. 1995, № 8. С. 157–173.
12. Кириллов В. К. Межпредметные связи // Математика в школе. 1979, № 7. С. 28–29.
13. Котырло Т. В., Евстигнеев В. В., Макарова Т. В. и др. Педагогико-математическая модель с компьютерным сопровождением // Физическое образование в вузах. 1997. Т. 3, № 4. С. 137–143.
14. Михалкин В. С. Новый общенаучный курс // Высшее образование в России. 2002, № 5. С. 110–113.
15. Проблемы преподавания физики. Сборник докладов международной конференции. М., Знание. 1978. 64 с.
16. Пугачева Е. Г. Синергетический подход к системе высшего образования // Высшее образование в России. 1998, № 2. С. 41–45.
17. Рузавин Г. И. Самоорганизация и организация в развитии общества // Вопросы философии. 1995, № 8. С. 63–72.

18. Семин Ю. Н. Интегративность знаний и педагогическая модель ее измерения // Проблемы теории и методики обучения. 1999, № 4. С. 14–17.
19. Сироткин О. С., Сироткин Р. О. О концепции химического образования // Высшее образование в России. 2001, № 6. С. 137–139.
20. Чапаев Н. К. Интеграция педагогического и технического знания. Свердловск: Изд-во СИПИ, 1992. 224 с.
21. Чебышев Н., Каган В. Высшая школа XXI века: проблема качества // Высшее образование в России. 2000, № 1. С. 19–26.
22. Швырев В. С. Человек и рациональность // Человек. 1997, № 7. С. 75–85.
23. Шевелева С. С. Открытая модель образования (синергетический подход). М., Изд-во Магистр, 1997. 48 с.