

# Системное проектирование ядерно-технического образования

Северский государственный технологический институт,  
Администрация ЗАТО Северск  
**Жиганов А. Н., Карпов С. А., Кербель Б. М., Медведев О. П.**

*В статье дано описание системного подхода к проектированию системы многоуровневого непрерывного образования (СМНО), разработанные Северским государственным технологическим институтом в 2002-2003 годах для предприятий атомной отрасли. Представлены теоретико-методологические и организационные основы СМНО, а также первые результаты внедрения в ЗАТО Северск. Результаты работы могут быть применены для решения аналогичных образовательных задач не только в городах Минатома, но и в других малых городах России.*

Государственно-политические и социально-экономические преобразования конца 80- [ - начала 90-х годов XX века оказали существенное влияние на российское образование. За короткое время произошла его адаптация к прин-

ципально новым условиям политической жизни, к свободному развитию демократического гражданского общества, удалось реализовать академическую автономию высших учебных заведений, обеспечить многообразие образовательных учреждений и вариативность образовательных программ. Однако, несмотря на происходящие позитивные тенденции, действующая система образования существенно отстает от процессов, происходящих в обществе. Проявляются парадоксальные разрывы между быстро растущими требованиями общества и фактическим удовлетворением их со стороны существующей российской системы образования /1/.

Атомная промышленность является одной из немногих отраслей отечественной экономики, которой удалось сохранить свое единство, управляемость, плановый характер и свою отраслевую образовательную систему подготовки кадров. В то же время в новых социально-экономических условиях специалист-

**Современной научно-технической революции может соответствовать только такая система образования, которая сама находится в процессе непрерывного революционного совершенствования.**

атомщик должен не только получить новые знания, но и уметь их постоянно обновлять, поэтому поиск новых методов подготовки специалистов и кадров высшей квалификации, адекватных требованиям времени, является задачей первостепенного значения /2/.

В течение ряда лет Северский государственный технологический институт (далее СГТИ) в рамках Программы сотрудничества Минобразования и Минатома России по направлению "Научно-инновационное сотрудничество" успешно проводит работы по созданию системы многоуровневого непрерывного образования (далее СМНО) отраслевой направленности /3/. Целью создания СМНО являются подготовка и сохранение специалистов-носителей критических знаний и технологий в атомной промышленности.

В данной статье на примере закрытого административно-территориального образования (далее ЗАТО) Северск обсуждается концептуальная возможность альтернативного подхода к решению указанной выше проблемы на основе сознательного проектирования культурно-образовательного пространства малого города.

### Методологическая база

Формирование личности, всесторонне удовлетворяющей запросам атомной отрасли, возможно только в рамках четкой организационной структуры, при использовании прогрессивных образовательных методик. Особое место должно быть уделено содержанию и формам образовательного процесса с учетом его непрерывного характера и многоуровневости создаваемой структуры.

Ядерное образование имеет ряд существенных отличий от классического технического (инженерного) образования. Эти отличия связаны с особенностями ядерных технологий:

- наукоемкость ядерных знаний

(компетенций), технологий и образования;

- прямая связь с вооружениями и национальной безопасностью;
- требования высокой технологической культуры (культура безопасности);
- принцип "критической массы знаний" или "барьерность знаний" (нельзя быть "чуть-чуть образованным" в ядерной области);
- глубокое воздействие на общественное мнение и средства массовой информации.

Поэтому основной акцент необходимо делать не на усвоение информации, или готового знания, что сегодня достаточно успешно реализуется в существующих образовательных структурах ЗАТО Северск, а на развитие мышления учащихся, их познавательных и личностных возможностей и на этой основе повышение качества всесторонней подготовки специалистов для нужд атомной промышленности.

В связи с этим СГТИ в 2003 году проведена разработка теоретико-методологических основ теории, методики и технологии (обучения, воспитания, развития) в рамках системы многоуровневого непрерывного образования. Показано, что традиционное экстенсивно-инерционное направление совершенствования содержания, форм, методов и технологий образования вплотную приблизилось к объективным границам эффективности и исчерпывает свой прогрессивный потенциал. Необходим переход на новую прогрессивно-инновационную образовательную парадигму. Смена парадигмы образования, требует перехода образования как системы из "закрытого" состояния к "открытому" и должно основываться на двух фундаментальных методологических принципах: непрерывность и интеграция.

Принцип непрерывности является ключом к пониманию сути расхождений ученых во взглядах на назревшие проблемы, определяет пути их практического разрешения. Вместе с тем он подразумевает качественно иной тип взаимодействия общества и формирующейся личности. В частности, разрешение противоречия между тенденцией возрастания общественно необходимого времени на подготовку к труду и сокращением самого трудового периода возможно только на качественно новой основе. Вместо жесткого разделения во времени и пространстве учебной, научно-поисковой и производственной деятельности становится необходимой их непрерывность - органическое соединение производительного труда с обучением, с постоянной профессиональной подготовкой.

Традиционный принцип технологии образования связан с отделением (прерывностью) учебной деятельности не только во времени, но и в пространстве, ограничением его стенами образовательного учреждения. В современных условиях выявляется нецелесообразность создания дорогостоящей технической базы, целиком подчиненной учебным задачам, и, наоборот, открываются все более широкие возможности соединения производственных, научно-исследовательских и учебных задач, а, следовательно, использования технической базы предприятий и научных учреждений в учебных целях. Таким образом, принцип непрерывности, органически связанный с принципом интеграции, приходит на смену старому принципу прерывности и разделенности процессов образования, науки и производства как во времени, так и в пространстве. Для традиционной технологии характерна также прерывность между элементами системы образования: школьное обучение независимо от дошкольного, высшее резко отличает-

ся по содержанию, формам и методам обучения от среднего. Новая технология предполагает плавный переход от низших ступеней к высшим, обеспечивающий непрерывный качественный подъем образовательной деятельности в целом - от дошкольной ступени до поствузовской.

Традиционная технология предполагает жесткое обособление образования от других сфер народного хозяйства, в то время как новая - органическое соединение с производством и наукой. Следовательно, взамен традиционному принципу прерывности внутренних и внешних связей системы образования утверждается принцип их непрерывности. Прерывность выражалась и в том, что при традиционной технологии в общей массе населения образование охватывало лишь отдельные группы, новая технология предполагает сплошной охват населения, то есть непрерывность распространения в социальном пространстве и времени. Традиционная технология в качестве главной функции системы образования выделяет подготовку к жизни, новая - непосредственное включение подрастающих поколений в саму жизнь, а их деятельность по преобразованию жизни рассматривается в качестве основного средства собственного образования, формирования себя как личности. Современной научно-технической революции может соответствовать только такая система образования, которая сама находится в процессе непрерывного революционного совершенствования. С этой точки зрения, под интеграцией следует понимать, во-первых, процесс объединения в новую целостность каких-либо ранее изолированных систем, элементов, частей; и во-вторых, состояние органической связанности отдельных дифференцированных частей и функций системы. Возможность интегративных процессов в образовании вытекает из

объективного существования интегративных процессов в науке и производстве.

Отмеченные выше принципиальные отличия позволяют говорить о необходимости радикальной замены экстенсивно-инерционной образовательной парадигмы на прогрессивно-инновационную. Необходимо отказаться от представлений о жестком противопоставлении общего и профессионального образования, предполагая противоположность их принципов, целей, средств и методов. Новая парадигма подчеркивает их единство, необходимость все более глубокой интеграции. Новая парадигма, в противоположность традиционной, видит в образовании самостоятельную ценность, а не средство закрепления или приобретения социальных привилегий, но вместе с тем - одно из важнейших средств по преодолению социальных различий. Интеграция производственной, научно-поисковой и учебной деятельности - не только главное средство всестороннего саморазвития, самоопределения личности, но и практически неограниченный источник финансовых ресурсов саморазвития системы. Новая парадигма исходит из того, что ранний детский возраст имеет определяющее значение для всего последующего развития личности, особенно ее творческих способностей. Поэтому дошкольная ступень рассматривается как приоритетная в системе образования. В новой парадигме предполагается непрерывность подготовительных и основных процессов жизнедеятельности учащихся, непрерывная связь с производством, наукой и всей общественной жизнью.

Противоположные парадигмы стратегии связаны с соответствующими противоположными парадигмами образования, парадигмами устойчивого развития и парадигмами экологической духовности. Вместе с тем альтернативный

характер двух стратегий нельзя абсолютизировать: в реальной практике различные их элементы сосуществуют, взаимно дополняя друг друга. Тем не менее четкое теоретическое противопоставление принципов позволяет глубже постигать сущность происходящих изменений, их перспективы и правильно расставлять акценты при разработке долгосрочных программ развития систем образования, в том числе и отраслевой, для обеспечения их максимально возможного позитивного воздействия на судьбы малых городов Минатома России, развития системы российского образования в целом.

### Особенности реализации системного подхода в условиях ЗАТО

В исторически сложившихся условиях именно ЗАТО Минатома России, как малые города, предоставляют идеальную возможность для моделирования новой системы образования. К факторам, способствующим такому моделированию, можно отнести:

- сохранившиеся научные школы, благоприятная творческая атмосфера; наличие высококвалифицированных, производственно дисциплинированных и относительно дешевых трудовых ресурсов;
- концентрация мощной и достаточно прогрессивной производственной базы, наличие опыта выпуска уникальной наукоемкой продукции;
- обладание позитивным опытом эффективной организации научной деятельности, проектирования, экспериментального массового производства;
- наличие достаточно развитой социальной и производственной (гражданской) инфраструктуры, систем жизнеобеспечения города;

- развитая строительная база;
- относительная политическая стабильность.

Известны также факторы, способные оказать негативное воздействие:

- исторические особенности. Эти города строились на базе единственного работодателя - государства в лице Минатома, решавшего свои производственные, экономические и образовательные задачи простыми, по сути, жестко административными методами;
- человеческий фактор. Проживание в закрытых городах небольшой доли людей с рыночной мотивацией поведения, ибо подавляющее большинство специалистов (а это ученые, инженеры-оружейники, конструкторы) трудилось, движимые внерыночными (точнее, неприбыльными) мотивами;
- сохранение режимных ограничений. Существующие режимные ограничения приводят к закрытости образовательного пространства, минимизации связей (в том числе и образовательных), ориентации на самодостаточность, которая была оправданной на этапах возникновения и роста закрытых городов;
- зависимость от политики федеральных органов власти, которая, в свою очередь, зависит от внешнеэкономической и внешнеполитической ситуации, от выработанных национальных приоритетов.

Проведенные исследования показывают, что для воспроизводства и развития человеческого ресурса для нужд атомной отрасли необходимо проектировать "культурно-образовательное пространство" ЗАТО как инфраструктуру, обеспечивающую возможность становления современного человека. Основной идеей такого проектирования является целенаправленная работа по час-

точной или полной компенсации влияния негативных и усилению положительных факторов, по созданию и поддержанию культурно-образовательного пространства ЗАТО, обеспечивающего траектории становления личности, адекватные современным требованиям к уровню ядерного образования. Последовательность решения этих задач предполагает постепенный перевод открытой системы образования поселения к созданию на ее базе многофункционального культурно-образовательного центра поселения.

Системный характер научного обеспечения современной производственной деятельности требует развития комплексного стиля мышления, ориентированного на целостное восприятие объектов с учетом всех сторон их функционирования (социальных, экологических, экономических, технологических и т. д.), на поиск взаимосвязей различных знаний и подходов. Основу такого способа мышления составляют фундаментальные идеи, принципы, основополагающие представления, взгляды на научно-производственную деятельность людей и ее результаты - мир искусственных объектов или техносферу. Достигнуть поставленной цели можно при условии одновременного решения трех взаимосвязанных задач:

- воспитательной (собственно образовательной) - формирование специалиста как члена общества;
- учебной - профессиональная подготовка высококвалифицированных кадров как носителей комплекса критических знаний и умений, характерных для ядерного образования;
- научно-производственной - поддержание постоянной профессиональной готовности, мотивация к саморазвитию и продвижению по профессиональной карьере.

Это, с одной стороны, объективно определяет роль отраслевых профессиональных учебных заведений, работающих в связке с крупнейшими предприятиями ядерно-промышленного комплекса, как ключевую в решении проблемы формирования всесторонне развитой личности, ориентированной на работу в атомной отрасли, а с другой стороны, позволяет выделить в первую очередь следующие три первоочередных направления интеграции:

- интеграция содержания общего, профессионального образования, науки и производства в условиях закрытого городского административного поселения на современном этапе его развития;
- интеграция учреждений образования, науки, культуры, производственных предприятий, решающих проблему образования и воспитания в социуме, для обеспечения оптимальности их взаимодействия и непрерывности образования;
- интеграция социума и его образовательного потенциала для стабилизации социально-экономической ситуации и развития малого города /4/.

### **Система многоуровневого непрерывного ядерно-технического образования**

#### **Общая концепция системы многоуровневого непрерывного образования [2].**

Для наиболее полного развития требуемых качеств их формирование необходимо начинать с наиболее ранней стадии развития ребенка. Это обстоятельство позволяет вести речь о формировании личности, ориентированной на ведение профессиональной деятельности на предприятиях Минатома, начиная

с дошкольного и начального школьного уровней образования. Педагогической наукой доказано, что многие способности ребенка, определяющие впоследствии его возможности, закладываются именно в раннем периоде. Отраслевая специфика на этом уровне образования определяет, главным образом, направления подготовки, по которым ведется работа в рамках СМНО. На этом этапе развиваются способности ребенка, позволяющие в дальнейшем успешно овладевать естественнонаучными дисциплинами, иностранными языками, закладываются базовые понятия в области экологии, здорового образа жизни, коммуникативности, патриотического воспитания.

В старших классах в рамках СМНО необходимо формирование у молодого человека уровня знаний, соответствующего требованиям базового предприятия, проведение интенсивной профориентационной работы. Результатом деятельности СМНО на этом уровне будет являться нацеленность выпускника общеобразовательной школы на поступление в начальные, средние и высшие профессиональные учебные заведения, которые ведут подготовку кадров для предприятий Минатома России.

Задачей СМНО при подготовке учащихся и студентов в профессиональных учебных заведениях является повышение их уровня знаний, навыков и умений, необходимых для успешной работы на предприятиях Минатома и ЗАТО Северск. Для этого необходимо широкое использование индивидуальных учебных планов, внедрение в учебный процесс различных специализаций и других видов учебно-исследовательской работы сверх объема дисциплин, предусмотренных соответствующим ГОС.

Деятельность СМНО должна распространяться и на процесс повышения квалификации сотрудников отраслевых предприятий. Должны быть предусмотр-

рены самые различные формы повышения квалификации, причем основным принципом этой работы будет являться отсутствие ограничений профессионального роста каждого специалиста отрасли.

Таким образом, организационная структура должна охватывать все уровни образования: дошкольное; общее среднее; начальное, среднее и высшее профессиональное. Она должна обеспечивать не только преемственность дополнительных образовательных программ по целому ряду предметов при переходе с уровня на уровень, но и учитывать межпредметные связи.

Создаваемая система непрерывного многоуровневого образования имеет определенную конечную цель - решение проблемы притока эрудированных молодых специалистов на предприятия Минатома России. Работа над СМНО приведет и к повышению общего уровня образованности населения на территории ЗАТО Северск. Успешное продвижение по этим направлениям будет характеризовать эффективность использования вложенных средств и сил в организацию и работу СМНО. Исходя из этого, должна быть разработана объективная система оценки деятельности СМНО.

В итоге успех деятельности в рамках СМНО зависит от наличия ресурсного обеспечения деятельности СМНО у участников эксперимента и от числа обучаемых в рамках этой системы.

Необходимо также преобразование стереотипных способов деятельности, развитие целевых и ценностных установок у всех участников СМНО - педагогов, управленцев школы и дошкольных структур, родителей. На первом этапе следует сформировать управленческо-педагогический коллектив, владеющий проектно-исследовательскими, экспертными способами деятельности, способный к разработке и реализации проекта

развития образовательной практики на всех уровнях образовательного процесса в СМНО.

#### **Направления предметной подготовки.**

Образовательный процесс в рамках СМНО ведется по следующим направлениям, раскрывающим содержание ядерного образования:

- углубленное изучение естественнонаучных дисциплин и информатики;
- экологическое воспитание и формирование позитивного отношения к атомной энергетике и промышленности;
- языковая подготовка и коммуникация;
- воспитание физического и духовного здоровья;
- гражданско-патриотическое воспитание.

#### **Организационная структура.**

Основой организационной структуры СМНО служат рабочие группы на всех уровнях образования - от дошкольного образования до послевузовского. Полное использование ресурсов подобной образовательной структуры возможно в том случае, когда человек, вовлеченный в нее на дошкольном уровне, пройдя последовательно уровни общеобразовательной школы и профессионального образования, попадает на предприятия Минатома России, где оказывается включенным в систему повышения квалификации.

Реализуя принцип открытости образования, образовательная структура СМНО предусматривает возможность дополнительного набора в группы на всех уровнях обучения тех учащихся, целевые установки и способности которых соответствуют требованиям к выпускникам СМНО нижележащего уровня, неза-

висимо от их предыдущей образовательной траектории.

Основой структуры управления образовательной деятельностью СМНО являются образовательные программы по пяти направлениям предметной подготовки. Разработка методического обеспечения программ является многоплановой научной задачей, поэтому руководство ими осуществляется научным руководителем программы. Организация работы по программам в группах СМНО ведется менеджерами программ. Для общего руководства СМНО и согласования деятельности программ на различных образовательных уровнях создается координационный совет. Направляет работу координационного совета председатель, а в его состав входят: научный руководитель и менеджер СМНО, руководители городских образовательных структур и научных коллективов, представители кадровых служб СХК. Члены наблюдательного совета не могут входить в состав координационного совета и других исполнительных органов СМНО.

Для обеспечения эффективности работы СМНО особое внимание следует обратить на разработку и апробацию критериев по оценке качества процесса образования.

### **Внедрение элементов новой парадигмы ядерного образования в ЗАТО Северск**

В 2003 году в ЗАТО Северск приняты действия по внедрению в образовательное пространство города некоторых элементов новой парадигмы ядерного образования: предложена концепция реализации принципа непрерывности по вертикальной структурной связи, охватывающей все ступени образования от дошкольной до поствузовской; запущена в эксплуатацию Северская городская компьютерная сеть, обеспечивающая ре-

ализацию принципа открытости образовательной системы; проводилась целенаправленная работа по усилению интегративных процессов по указанным выше направлениям интеграции. Для инициации в ЗАТО процесса преобразования стереотипных способов деятельности участников образовательного процесса в 2003 г. проведена межотраслевая конференция "АТОМКАДРЫ-2003", посвященная проблемам непрерывной многоуровневой подготовки специалистов для предприятий и организаций Минатома России /5/.

С точки зрения педагогической теории ядерное образование может быть проанализировано как частный случай профильного образования, актуальность которого в современных условиях не вызывает сомнения. Методическое и технологическое обеспечение профильного образования в СМНО должно иметь межпредметный характер. Конференция "АТОМКАДРЫ- 2003" явилась одной из форм организации такого взаимодействия педагогов из разных учебных заведений и для разных ступеней образования в СМНО.

Модель образовательного центра, работающего как открытый социальный институт, может быть представлена как интеграция следующих блоков (образовательных программ): общеобразовательная подготовка; профессиональная подготовка; дополнительное образование; социально-педагогическая служба.

Учитывая масштабность поставленных задач и необходимость научного обоснования путей их решения, на начальном этапе создания СМНО целесообразно основной акцент сделать на решение главной из первоочередных задач - воспитательной, открыв в ЗАТО Северск на базе Северского государственного технологического института Отраслевую экспериментальную площадку Минатома России "Северский центр ядер-

но-технического образования (СЦ ЯТО)" в форме объединения организаций различных типов, уровней и форм собственности, заключивших договор о совместной деятельности в области образования. Основа объединения - академическая интеграция, то есть решение собственно образовательных (воспитательных) задач. Инновационная деятельность СГТИ в этом направлении нашла поддержку у администрации ЗАТО и ФГУП "Сибирский химический комбинат" и была одобрена Департаментом региональной, кадровой и социальной политики Минатома России, а также 14 ноября 2003 года в Москве на впервые состоявшейся совместной коллегии Минатома и Минобрнауки России распоряжением первого заместителя министра Э.Е. Антипенко № 779 от 16 декабря 2003 года утверждено проведение на базе СГТИ эксперимента по моделированию СМНО в рамках отраслевой экспериментальной образовательной площадки СЦ ЯТО.

Одним из путей решения учебной задачи в рамках СМНО - профессиональной подготовки высококвалифицированных кадров как носителей комплекса критических знаний и умений, характерных для ядерного образования - может стать создание регионального отраслевого университетского комплекса (ОУК) /6/. В качестве базового учреждения может выступить СГТИ. В настоящее время достигнута договоренность о подключении к этой работе учебных заведений среднего профессионального образования и в других городах: г. Железногорск (Красноярский промышленный колледж), г. Новосибирск (Сибирский политехнический колледж), г. Зеленогорск (Красноярский электротехнический техникум), г. Ангарск (Ангарский промышленный политехникум), г. Краснокаменск (филиал Ангарского промышленного политехникума), а также ряда

предприятий и организаций Минатома. Чтобы законодательно закрепить создание ОУК на базе СГТИ следует решить вопрос о получении институтом статуса академии.

Задача поддержания постоянной профессиональной готовности, мотивации к саморазвитию и продвижению по профессиональной карьере может быть возложена на учебно-методический центр непрерывного профессионального образования в атомной отрасли "АТОМКАДРЫ", который является еще одним из структурных элементов СМНО, ориентированным на внедрение основных ее принципов на уровне "вуз - предприятие", а также на уровне ФПК. Работа в этом направлении будет также способствовать решению проблемы "внутрифирменного обучения" ФГУП СХК.

Дальнейшая интеграция в области ядерного образования на более высоком уровне должна быть реализована путем создания на базе СГТИ совместно с ФТФ ТПУ Сибирского межотраслевого Центра СибМЦ ЯТО "АТОМКАДРЫ", который станет координатором образовательной деятельности за Уралом по указанным выше направлениям.

## **Заключение**

Отраслевая система образования является важным фактором сохранения России в ряду ведущих стран, обладающих передовой атомной промышленностью, высоким уровнем культуры, науки, фактором обеспечения ее обороноспособности.

Анализ ситуации в ЗАТО позволяет сделать следующие выводы. В изменившихся социально-экономических, политических условиях Министерство Российской Федерации по атомной энергии сохранило действующую систему непрерывного образования при подготовке кадров для предприятий отрасли. Интел-

лектуальный потенциал малых городов Минатома проявил способность к само-сохранению и самовоспроизводству, что в наибольшей мере проявилось в сфере образования, которое не только не потеряло свои позиции, но и развилось в период реформ.

Вместе с тем, в силу ряда причин, в настоящее время этот интеллектуальный потенциал используется недостаточно, и назрела необходимость разработки существенных механизмов привлечения интеллектуальных ресурсов, объединения усилий образовательных учреждений

ЗАО на территории России для решения насущных проблем, стоящих перед отраслью. Именно это, в конечном счете, должно определять главное направление отраслевой научно-технической и образовательной политики - умелое организационное использование указанных ресурсов на основе новых прогрессивных образовательных методик.

Результаты работы могут быть применены для решения аналогичных задач в городах Минатома, а также в других малых городах России.

## Литература

1. Беляев А., Лившиц В. EDUCATION GAP: Технологическое образование на пороге XXI века. Томск: СГТИ, 2003. - 504 с.
2. Программа развития единой образовательной системы подготовки квалифицированных кадров всех уровней для Минатома России на 2003-2010 годы. М.: МИФИ, 2003. - 100 с.
3. Организационно-методические основы многоуровневого непрерывного образования в малых городах Минатома /Сборник научно-педагогических трудов Северского государственного технологического института (СГТИ). (Под ред. д.т.н., проф. А.Н. Жиганова, к.ф.-м.н., доц. С.А. Карпова. Северск: Изд. СГТИ, 2003. - 76 с.
4. Жиганов А. Н., Бойко В. И, Карпов С. А., Кербель Б. М. Элитное ядерно-техническое образование: проблемы и перспективы/ ЭЛИТНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ. Труды Международной конференции в рамках симпозиума (г. Москва, 11-13 ноября 2003 г.). Томск: Изд-во ТПУ, 2003. С.75-77.
5. Межотраслевая научно-методическая конференция "АТОМКАДРЫ-2003". Проблемы непрерывной подготовки специалистов для предприятий и организаций Минатома РФ". Сборник научных трудов. В 2 частях. Северск: Изд. СГТИ. 2003.
6. Жиганов А.Н., Карпов С.А., Медведев О.П. Отраслевой университетский комплекс - концептуальная основа развития образовательных учреждений в малых городах Минатома // Снежинск и наука-2003. Современные проблемы атомной науки и техники: Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции. Снежинск Челябинской области: Изд-во СГФТА, 2003. С. 472-473.