

УДК 373.545

DOI 10.22213/2413-1172-2018-4-245-253

КОНЦЕПЦИЯ ЕСТЕСТВЕННО-НАУЧНОГО ОБРАЗОВАНИЯ С ВКЛЮЧЕНИЕМ ОСНОВ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОМ РЕГИОНЕ

Н. В. Семакина, кандидат технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

Представлена концепция естественно-научного образования с включением основ нанотехнологий в высокотехнологичном регионе. Приведен анализ современного состояния школьного nanoобразования за рубежом и в России, в том числе в Удмуртской Республике. Концепция дает представление о том, как в региональной системе образования организовать целенаправленную работу по преподаванию основ нанотехнологий на школьном уровне. Сформулированы цель, задачи концепции, ее основные принципы, с учетом которых, по мнению автора, должно осуществляться школьное nanoобразование в высокотехнологичном регионе. Предложен комплекс организационных, учебно-методических и технологических мероприятий, направленных на формирование единого образовательного пространства в области естествознания и нанотехнологий для обеспечения региона высококвалифицированными кадрами.

Описан опыт реализации концепции в Удмуртской Республике. Оценка результатов реализации разработанной концепции позволяет сделать вывод, что формирование школьного nanoобразования как подсистемы регионального непрерывного образования в области нанотехнологий возможно только в едином организационном цикле, который обеспечивается в рамках консорциума, включающего общеобразовательные учреждения, высшие учебные заведения, академические институты РАН, высокотехнологичные предприятия и общественные организации региона.

Ключевые слова: нанотехнологии, школьное nanoобразование, консорциум, модернизация образования, регионализация образования, дополнительные образовательные программы, обучение через исследование.

Введение

Развитие исследований и организация производства продукции с использованием нанотехнологий требует соответствующей рефлексии в системе высшего и общего среднего образования. Многие вузы в последние годы реализуют образовательные программы по направлениям подготовки, связанным с использованием нанотехнологий в микроэлектронике, биотехнологии, материаловедении, химических технологиях и т. д. Выпускник школы – будущий абитуриент – должен соответствовать требованиям нового времени, получать необходимый запас информации о современных технологиях и отраслях знания уже на школьной скамье. Между тем в школьных учебниках и образовательных программах предметной области «Естественные науки» полностью отсутствуют темы, посвященные ознакомлению учащихся с наномиром. При этом ряд тем по химии, физике и биологии предполагают изложение материала, который может послужить основой для конкретного ознакомления с сущностью нанотехнологий. В этой связи требуется определенная коррекция содержания программ общего среднего образования с учетом достижений нанонауки и нанотехнологий.

Настоящая работа посвящена исследованию проблемы развития системы естественно-научного образования в высокотехнологичном регионе (Удмуртская Республика) с включением сведений о нанотехнологиях.

Этапы исследования развития nanoобразования в России и за рубежом

Исследование проводилось по следующим этапам.

1. Анализ международного опыта школьного образования в области нанотехнологий.

Информация о состоянии школьного nanoобразования за рубежом и в России собрана из широкого спектра источников. Для анализа были использованы академические книги и статьи, национальные и аналитические отчеты, официальные сайты учебных заведений, государственных органов и других организаций.

2. Создание концепции развития системы естественно-научного образования с включением основ нанотехнологий в высокотехнологичном регионе.

Цели и задачи концепции, ее основные принципы, меры, направленные на достижение целей и задач, а также ожидаемые результаты сформулированы в соответствии с Федеральным за-

коном «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ и Федеральным государственным образовательным стандартом среднего (полного) общего образования от 17.05.2012 г. № 413.

3. Апробация разработанной концепции на базе консорциума «Региональный ресурсный центр Школьной лиги РОСНАНО в Ижевске (МБОУ «Лицей № 41») – ИжГТУ имени М. Т. Калашникова – АО «Ижевский электромеханический завод «Купол» (АО «ИЭМЗ «Купол»).

Анализ и обобщение опыта развития международного образования в области нанотехнологий показывает, что преподавание основ нанотехнологий уже в школьных программах предусматривается в перспективных документах многих развитых стран [1, 2]. Такая тенденция в мировой системе образования XXI века обусловлена востребованностью нового поколения специалистов: ученых, инженеров, конструкторов, способных работать в этой междисциплинарной области науки и техники.

Следует отметить, что образовательная деятельность в области нанотехнологий является ключевым видом деятельности во всех ведущих зарубежных университетах США, Европы и Азии, где имеются нанотехнологические научно-образовательные центры (НОЦ) [3].

Так, университеты стран Евросоюза предлагают для школьников различные программы по нанонауке и нанотехнологии. В Германии (например, в университетах Вюрцбурга, Гамбурга, Дрез-

дена, Калсруэ) реализуются программы «Детские университеты» для детей 6-10 и 8-12 лет и «Учебный университет для детей 11-14 лет. Занятия проводятся профессорами в форме коротких познавательных лекций. Тематика лекций, как правило, связана с естественно-научными дисциплинами.

Ученые университетов Кембриджа, Ноттингема и Лидса (Великобритания) работают с учащимися школ на регулярных встречах, организуют для них лекции, семинары и лабораторные работы. В университете Лидса также проводятся Летние школы, на которых короткие лекции сочетаются с активным отдыхом. Ежегодно организуется конференция – фестиваль науки для ознакомления школьников с наноматериалами и нанотехнологиями.

Анализируя особенности школьного нанообразования в США, можно отметить, что для повышения интереса американских школьников к науке и технологиям НОЦ при университетах предлагают множество программ по нанотехнологиям для дошкольного и школьного образования, включая краткосрочные курсы повышения квалификации педагогов (табл. 1) [4].

Реализация школьного образования в области нанотехнологий в США преследует основную цель – привлечение как можно больше молодежи, которая в дальнейшем будет работать в науке и технике, а также искусстве, бизнесе и политике, к изучению основ нанотехнологий.

Таблица 1. Образовательные программы для учителей и школьников по нанонауке и нанотехнологиям в некоторых университетах США

Университет	Образовательная программа
Университет Калифорнии Беркли	– Наноллагер для школьников среднего образования. – Наносеминары для средней и высшей школ. – Летняя математическая и научная академия для отличников (Summer Math and Science Honors (SMASH) Academy). – Исследования в области наноразмерных объектов в науке и технике
Йельский университет	Начальное профессиональное образование (школьное) – основные представления о наномире
Университет Олбани	Нанопрограммы для школьников и дошкольников: – программы в рамках NNI (Национальная нанотехнологическая инициатива); – программы в рамках NASA Quest; – программы в рамках Nanoscale Science Education; – программы в рамках NanoZone
Университет Колумбия	– Научные образовательные программы для учителей и преподавателей. – Курсы по материаловедению и нанотехнологиям для учащихся старшей школы. – Однодневные популярные семинары «Нанодень». – Субботние познавательные программы для начинающих
Университет Гарварда	– Семинары и презентации для учеников средней и высшей школы. – Курсы повышения квалификации для преподавателей и учителей
Северо-Восточный университет (Бостон)	Демонстрации, лабораторные туры, курсы продленного дня, исследования для старшей школы

Окончание табл. 1

Университет	Образовательная программа
Университет Райс (Хьюстон)	<ul style="list-style-type: none"> – Переподготовка преподавателей: нанотехнологии для учителей (Chem 570). Весенний семестр. – Летние одномесячные курсы для подготовки учебного курса (платно). – Видео презентации и учебные планы для преподавателей. – Программа для учащихся старшей школы (K-12). – Нанохимия в лабораторных опытах. Бесплатная двухнедельная программа. Полный день. – Летние программы, спонсируемые JP Morgan. – Видеоуроки и презентации

В Российской Федерации развитие нанообразования происходит в соответствии с президентской инициативой «Стратегия развития nanoиндустрии») [Программа развития nanoиндустрии в Российской Федерации до 2015 года (Программа президентской инициативы «Стратегия развития nanoиндустрии») / утв. Президентом Российской Федерации 24 апреля 2007 г. № Пр-688].

В 2011 г. запущена комплексная программа «Школьная лига РОСНАНО» [5]. В настоящее время для популяризации научных знаний среди молодежи имеются достаточные информационные ресурсы с образовательным контентом по нанотехнологиям. Следует отметить сайт «Нанотехнологическое сообщество «Нанометр», интернет-курсы по нанотехнологиям и ежегодные всероссийские интернет-олимпиады «Нанотехнологии – прорыв в будущее», организуемые МГУ имени М. В. Ломоносова с 2007 г. [6].

В последние годы были представлены вниманию несколько проектов по школьному нанообразованию. Среди них: «Изучение наномира – шаг в будущее» (ЮФУ), «Введение в нанотехнологии» (УлГУ, СамГУ), «НАНО (просто о сложном)» (СмолГУ) и др. Однако имеющиеся образовательные интернет-ресурсы не могут решить системную проблему изменения содержания общего среднего образования с учетом представления о нанотехнологиях, поскольку ее решение требует комплексного подхода. Это должны быть программы для детей разного возраста, образовательный контент, методические материалы, обучение преподавателей естественных наук и формирование заинтересованного контингента обучающихся с учетом потенциальной потребности работодателей.

Современное состояние нанообразования в Удмуртской Республике

Проведенный автором анализ современного состояния школьного нанообразования в Удмуртской Республике позволяет сделать следующие выводы.

1. В республике только два общеобразовательных учреждения являются школами – участниками программы Школьной лиги РОСНАНО.

2. В школьных программах отсутствует обучение основам нанотехнологий.

3. В республике нет школьных лабораторий по нанотехнологиям, где ученики могли бы не только наглядно изучать новую область, но и выполнять междисциплинарные проекты.

4. Мало количество школьников, принимающих участие в конкурсах и олимпиадах по нанотехнологиям.

Для решения вышеперечисленных проблем разработана концепция развития системы естественно-научного образования с включением элементов нанотехнологий, целью которой является создание подсистемы непрерывного образования в области нанотехнологий для обеспечения региона необходимыми кадрами.

Достижение указанной цели требует решения следующих взаимосвязанных задач:

- создание условий для формирования у школьников интереса к нанотехнологиям как области профессиональной самореализации;
- создание базы информационно-методических ресурсов для преподавания основ нанотехнологий в школах региона;
- совершенствование педагогических компетенций учителей естественно-научных дисциплин в области основ нанотехнологий.

Основные принципы организации нанообразования в высокотехнологичном регионе

Исходя из результатов анализа зарубежного и российского опыта преподавания естественно-научных дисциплин и основ нанотехнологий, а также анализа потенциала развития образования в сфере нанотехнологий в Удмуртской Республике [7], мы выделили основные принципы, с учетом которых, по нашему мнению, должно осуществляться школьное нанообразование в высокотехнологичном регионе:

Принцип интеграции усилий «школа – вуз – высокотехнологичное производство». В реализацию системы естественно-научного образования с элементами нанотехнологий в общеобразовательных учреждениях региона необходимо вовлекать преподавателей школ и вузов, ученых институтов РАН, представителей индустрии и бизнеса. Только на основе интеграции усилий всех участников образовательного пространства региона возможен системный подход к качественному обновлению естественно-научного образования, поднятию престижа у подрастающего поколения естественных наук и связанных с ними отраслей производства, в том числе и высокотехнологичного, связанного с использованием нанотехнологий.

Принцип регионализации образования. Предполагает осуществление разработки образовательной программы в сфере нанотехнологий для учащихся общеобразовательных организаций в соответствии с потребностями региональной экономики. Знакомство с реальным высокотехнологичным производством, соответствие темы исследований учащихся перспективным направлениям развития нанотехнологий в регионе способствуют повышению интереса школьников к естественно-научному и нанотехнологическому образованию.

Принцип «обучение через исследование» [8]. Предполагает вовлечение школьников в про-

ектную и исследовательскую деятельность в области нанотехнологий. Активное использование деятельностных образовательных технологий обеспечивает активную учебно-познавательную деятельность учащихся, формирование готовности учащихся к саморазвитию и непрерывному образованию.

Для решения сформулированных выше задач необходимо осуществление следующих действий.

1. Разработка и реализация инновационных образовательных проектов, нацеленных на повышение мотивации изучения естественно-научных дисциплин и основ нанотехнологий на уровне школьного образования.

В рамках проектов должны быть предусмотрены встречи с представителями индустрии и бизнеса, ознакомительные экскурсии в лаборатории РАН и предприятий региона, занимающихся нанотехнологиями. Проведение подобных мероприятий позволит расширить кругозор школьника, поднять престиж естественных наук и связанных с ними отраслей, будет способствовать профессиональной ориентации будущих выпускников школ и кадровому обеспечению региона.

2. Создание консорциума, объединяющего широкий круг заинтересованных партнеров в области нанотехнологий. Предполагаемые участники консорциума и их функции приведены в табл. 2.

Таблица 2. Основные виды деятельности участников консорциума

Участник консорциума	Функции
Региональный ресурсный центр Школьной лиги РОСНАНО	Обучение и воспитание школьников – будущих студентов и специалистов предприятий, компаний, использующих нанотехнологии
Высшее учебное заведение, академические институты РАН	– Обучение и подготовка кадров для науки и производства. – Разработка и реализация программ дополнительного образования школьников в области нанотехнологий. – Предоставление научно-исследовательского оборудования для проектной деятельности школьников. – Руководство проектной и исследовательской деятельностью школьников. – Разработка и реализация программ повышения квалификации учителей по нанотехнологиям
Высокотехнологичные предприятия и компании региона	– Экскурсии для ознакомления с реальным производством. – Встречи с представителями индустрии, бизнеса. – Спонсорская деятельность (проведение конференций, закупка оборудования)
Общественные организации	– Агитация и пропаганда идей нанотехнологий. – Спонсорская деятельность

2. Разработка и реализация школьных образовательных программ по изучению основ нанотехнологий в рамках дополнительного образования в соответствии с требованиями нормативно-правовых документов (Об образовании в Российской Федерации : ФЗ РФ № 273-ФЗ от

29 дек. 2012 г.; Федеральный государственный образовательный стандарт среднего (полного) общего образования, утв. приказом Минобрнауки России 17.05.2012 № 413).

Образовательные программы должны быть ориентированы прежде всего на развитие лич-

ностных и метапредметных (регулятивных, познавательных, коммуникативных) способностей учащихся. Предлагаемые формы организации учебных занятий должны способствовать формированию у будущих специалистов нового мировоззрения, которое, на наш взгляд, является основной целью образования в направлении нанотехнологий. Достижение этой цели приведет к появлению «специалистов с системным мышлением – лидеров, готовых воспринимать нанотехнику как сплав индустрии, науки, экономики и духовной организации общества» (Программа развития nanoиндустрии в Российской Федерации до 2015 года (Программа президентской инициативы «Стратегия развития nanoиндустрии») / утв. Президентом РФ 24 апреля 2007 г. № Пр-688).

3. Разработка программ и учебно-методического сопровождения курсов повышения квалификации учителей региона в области нанотехнологий, современных достижений и перспектив нанотехнологий в контексте развития высоких технологий.

Реализация предпринятых мер позволит:

- активизировать школьников и учителей к изучению основ нанотехнологий;
- сформировать открытую базу информационно-методического обеспечения преподавания основ нанотехнологий в школе;
- обучить учителей преподаванию основ нанотехнологий в школе;
- вовлечь школьников в проектную и исследовательскую деятельность по нанотехнологиям;
- готовить наиболее заинтересованных школьников к олимпиадам и конкурсам регионального и всероссийского значения в области нанотехнологий;
- сформировать у школьников представление о взаимосвязи естественных и технических наук, синергетике их интеграции в нанотехнологиях.

Результаты и их обсуждение

С целью решения поставленных в концепции задач был проведен ряд мероприятий.

1. Создан консорциум, объединивший следующие заинтересованные в области нанотехнологий организации Удмуртской Республики:

- МБОУ «Лицей № 41» г. Ижевска;
- ИжГТУ имени М. Т. Калашникова;
- Удмуртский федеральный исследовательский центр УрО РАН (УдмФИЦ УрО РАН);
- АО «Ижевский электромеханический завод «Купол» (АО «ИЭМЗ «Купол»);
- общественное отделение «Наноматериаловедение и нанотехнологии» при Удмуртской

республиканской общественной организации «Союз научных и инженерных общественных отделений».

2. На базе консорциума реализован инновационный образовательный проект «От школьной скамьи к нанотехнологиям» [9].

В рамках проекта проведены открытые лекции, мастер-классы, специальные семинары педагогам естественнонаучных дисциплин ряда городов и районов Удмуртской Республики. Семинар с участием учителей профильных дисциплин, представителей регионального центра nanoиндустрии УР и ведущих специалистов ОАО «Элеконд» (г. Сарапул) был проведен в Сарапульском районе. Такие семинары получили высокую оценку педагогической общественности и способствовали популяризации образовательных технологий, предложенных в концепции.

Учителя химии, физики и биологии, а также учащиеся лица стали участниками международных конференций «От наноструктур, наноматериалов и нанотехнологий к nanoиндустрии» (2015, 2017 гг.), организованных участниками консорциума в г. Ижевске.

3. Разработана образовательная программа элективного курса для учащихся профильных классов «Введение в нанотехнологии» [10]. Программа поддерживается системой Moodle, которая обеспечивает взаимодействие между преподавателем и учеником, стимулирует интерес к учебе у последних, дает возможность перехода к дистанционному обучению.

Учебно-методический комплекс курса «Введение в нанотехнологии» включает: рабочую учебную программу курса «Введение в нанотехнологии» для учащихся 9-10-х классов общеобразовательных учреждений; методические рекомендации для учителя, в которых приводятся цель, задачи, компетенции, приобретаемые в ходе изучения каждой темы, а также методы и средства обучения, применение которых для освоения данной темы наиболее эффективно; курс лекций по данной дисциплине; мультимедийные презентации к каждой теме изучаемого курса; учебные видеоролики «Фуллереень», «Получение графена», «Эффект лотоса»; междисциплинарный нанопрактикум; практическое пособие по решению задач по нанотехнологической тематике; деловую игру «Социальные аспекты нанотехнологий»; контрольные вопросы, тесты, кроссворд «Нано» для контроля качества усвоения материала.

Совместно подготовлены программы естественно-научных дисциплин по изучению нано-

технологий и наноматериалов в дополнение к соответствующим разделам школьной программы по физике, химии и биологии.

4. Программа курса реализуется в лицее № 41 при тесном взаимодействии лицея с кафедрой «Химия и химическая технология» факультета «Математика и естественные науки» ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, УдмФИЦ УрО РАН (ФТИ УрО РАН и ИМ УрО РАН) и научно-инженерной лабораторией наноструктур Научно-инновационного центра «ИЭМЗ «Купол» (рис. 1) [11].

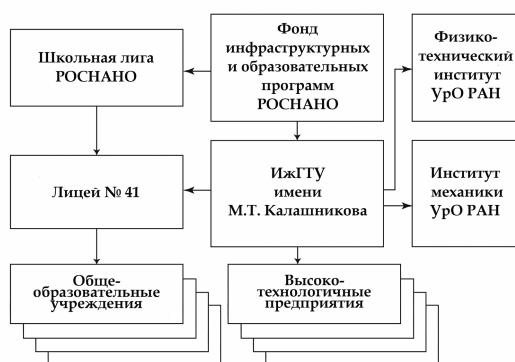


Рис. 1. Схема интеграции в системе «школа – вуз (РАН) – предприятие»

Программа представляет собой интегрированный курс, в содержании которого рассматриваются основные понятия, история возникновения и развития нанотехнологий, классификация наноматериалов, квантово-размерные эффекты и особые свойства наноматериалов, использование наноматериалов в практической деятельности [12].

Для формирования высокой степени мотивации учащихся к изучению нанонауки и нанотехнологий образовательная программа предусматривает разнообразные формы организации занятий (рис. 2).

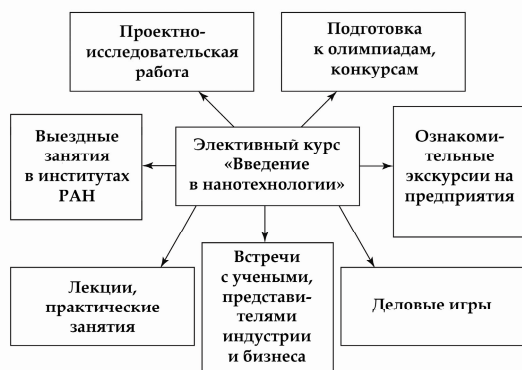


Рис. 2. Формы организации образовательной деятельности в области нанотехнологий

Так, например, при изучении темы «Методы исследования нанобъектов» программа предполагает выездные занятия в лаборатории УдмФИЦ УрО РАН. Сотрудники лаборатории знакомят учащихся с нанотехнологическим оборудованием: АСМ; СЗМ; комплексной системой измерений Nanotest-600; бесконтактным оптическим профилометром NewView-6300. Рассказывают о возможностях соответствующих методов исследования для изучения свойств и составов наноматериалов.

Региональный компонент образования реализуется за счет включения в программу курса темы «Развитие нанотехнологий в Удмуртской Республике». При изучении данной темы организуются встречи с ведущими специалистами предприятий, использующих нанотехнологии. Учащиеся получают информацию о том, как развиваются нанотехнологии и инновационная индустрия в Удмуртской Республике, какие инновационные проекты с применением нанотехнологий и наноматериалов реализуются в регионе.

Знакомство учащихся с реальным высокотехнологичным производством региона происходит во время учебных экскурсий на предприятия ОАО «Элеконд» (г. Сарапул), АО «ИЭМЗ «Купол» (г. Ижевск), которые активно занимаются развитием нанотехнологий. Учащиеся лицея также посещают Музейно-выставочный комплекс «ИЭМЗ «Купол», где их знакомят с историей завода, со специальностями, а также с выпускаемой на предприятии продукцией.

На кафедре «Химия и химическая технология» ИжГТУ имени М. Т. Калашникова старшеклассники получают информацию о направлении подготовки 04.03.02 «Химия, физика и механика материалов». Принцип «обучение через исследование» воплощен в организации проектной и исследовательской деятельности учащихся в ходе изучения данного курса.

В табл. 3 представлены темы некоторых исследовательских проектов учащихся 10-х классов лицея и оборудование, предоставленное университетом и предприятиями города Ижевска.

Работа над выполнением проектных работ по нанотехнологиям приучает молодого человека подходить к решению комплексно, использовать знания из самых разных учебных дисциплин. В ходе выполнения проектно-исследовательских работ учащиеся приобретают навыки, необходимые для продолжения обучения в высших учебных заведениях: постановка и разрешение проблем, поиск и организация нужной информации; планирование и постановка

эксперимента; обработка полученных результатов и их анализ; представление итогов выполненной работы в виде докладов на конференциях,

научных публикаций (тезисов) с использованием современных возможностей информатики (подготовка презентации к выступлению).

Таблица 3. Оборудование, предоставленное участниками консорциума для выполнения проектных работ

Тема проекта	Реагенты и оборудование
Получение вспученного графита и графена	– высокоориентированный пиролитический графит; – ACM Solver P47 фирмы NT-MDT; – кремниевая подложка (ФТИ УрО РАН); – спектрально чистый графит марки ОСЧ 7-3 (АО «Ижевский радиозавод»); – механическая ступка CM5MNO53; – муфельная печь (кафедра «Химия и химическая технология» ИжГТУ имени М. Т. Калашникова); – электроды для двухзондового метода измерения сопротивления (кафедра физики и оптотехники ИжГТУ имени М. Т. Калашникова)
Исследование самоорганизации коллоидных наноструктур	– термостат; – кондуктометр «Мультитест КСЛ-101» (кафедра «Химия и химическая технология» ИжГТУ имени М. Т. Калашникова)
Выявление зависимост и адсорбции сорбента от размера его частиц	Шаровая мельница для получения тонкодисперсного порошка адсорбента (кафедра «Химия и химическая технология» ИжГТУ имени М. Т. Калашникова)
Исследование влияния СВЧ-излучения на стратификацию семян сельскохозяйственных культур	Прибор для СВЧ-излучения (лаборатория биофизики и экологии ИжГТУ имени М. Т. Калашникова)

Активное сотрудничество лица с остальными участниками консорциума дает свои положительные результаты [13]. Исследовательские работы, выполненные учащимися лица, ежегодно становятся победителями и призерами на Всероссийском конкурсе компьютерных презентаций школьников по нанотехнологиям «Мой Наномир», летней школы-конференции «Проектное образовательное пространство в области естествознания и нанотехнологий», республиканской научно-практической конференции «Юность – науке и технике». С 2013 г. учащиеся лица становятся победителями и призерами заочного и очного туров Всероссийского интеллектуального форума-олимпиады «Нанотехнологии – прорыв в будущее!».

5. Разработана и апробирована программа повышения квалификации учителей «Реализация ФГОС в предметной области «Естественные науки» в контексте использования представлений о наноявлениях и нанотехнологиях». Целью реализации данной программы является совершенствование предметных компетенций учителей химии, физики, биологии и математики в области нанотехнологий в контексте использования элементов нанотехнологий в преподавании естественно-научных дисциплин в общеобразовательных учреждениях.

Выводы

Оценка результатов реализации разработанной концепции в Удмуртской Республике позволяет сделать вывод, что формирование школьного нанообразования как подсистемы регионального непрерывного образования в области нанотехнологий возможно только в едином организационном цикле, который обеспечивается в рамках консорциума, включающего общеобразовательные учреждения, высшие учебные заведения, академические институты РАН, высокотехнологичные предприятия и общественные организации региона.

Библиографические ссылки

1. The National Nanotechnology Initiative. Strategic Plan. National Science and Technology Council, Committee of Technology, Subcommittee on Nanoscale Science, Engineering, and Technology. Washington, 2007.
2. О европейской стратегии в сфере нанотехнологий (Communication from the Commission «Towards a European strategy for nanotechnology», 12.5.2004 COM (2004) 338 final). URL: http://ec.europa.eu/nanotechnology/pdf/nano_com_en.pdf (дата обращения: 11.03.2015).
3. Семакина Н. В., Кодолов В. И., Плетнев М. А. Проблемы подготовки высококвалифицированных кадров для nanoиндустрии в Удмуртской Республике //

Вестник Удмуртского университета. Серия: Физика. Химия. 2012. Вып. 2. С. 3–9.

4. Рынок нано: от нанотехнологий – к нанопродуктам / Г. Л. Азоев [и др.]; под ред. Г. Л. Азоева. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2011. 319 с.

5. Школьная лига РОСНАНО. URL: <http://www.schoolnano.ru> (дата обращения: 18.04.2018).

6. Нанотехнологическое сообщество «Нанометр». URL: <http://www.nanometer.ru> (дата обращения: 18.04.2018).

7. Семакина Н. В., Семакина К. Э. Оценка потенциала развития нанообразования в Удмуртской Республике // От наноструктур, наноматериалов и нанотехнологий к nanoиндустрии: тезисы докл. Четвертой междунар. конф. Ижевск, 2013. С. 89.

8. Semakina N. V., Kodolov V. I. Development of nanoeducation through consortium «Scientific Educational Center – University – Enterprise». *Polymers Research Journal*, 2011, vol. 5, no. 2, pp. 215-223.

9. Семакина Н. В. Состояние и перспективы развития нанообразования в Удмуртской Республике // Материалы респ. семинара «От школьной скамьи к нанотехнологиям: проблемы и перспективы развития естественно-научного образования на примере МБОУ «Лицей № 41». Ижевск, 2012. С. 30–38.

10. Семакина Н. В., Кодолов В. И. Формирование кадрового потенциала nanoиндустрии в Удмуртской Республике // Materiály IX mezinárodní vědecko - praktická conference «Vědecký průmysl evropského kontinentu-2013». Praha, 2013, pp. 24-30.

11. Семакина Н. В., Кодолов В. И., Плетнев М. А. Нанообразование в рамках консорциума «НОЦ химической физики и мезоскопии УрО РАН – Ижевский технический университет – НИЦ ОАО «Ижевский электромеханический завод КУПОЛ» под эгидой АНО РЦН Удмуртской Республики // Вестник ИжГТУ. 2011. № 4 (52). С. 200–204.

12. Семакина Н. В. Опыт преподавания нанохимии в лицее // XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии: тез. докл. Екатеринбург: 2016. Т. 5. С. 52.

13. Semakina N. V. Nanotechnology-oriented system of natural science education in secondary schools. *Nanotechnol.*, 2017, vol. 14, no. 7/8, pp. 680-689. DOI: 10.1504/IJNT.2017.083442.

References

1. The National Nanotechnology Initiative. Strategic Plan. National Science and Technology Council, Committee of Technology, Subcommittee on Nanoscale Science, Engineering, and Technology [The National Nanotechnology Initiative. Strategic Plan. National Science and Technology Council, Committee of Technology, Subcommittee on Nanoscale Science, Engineering, and Technology]. Washington, 2007.

2. O evropejskoj strategii v sfere nanotekhnologii (Communication from the Commission “Towards a European strategy for nanotechnology”, 12.5.2004 COM (2004) 338 final) [On the European Strategy for Nanotechnology (Communication from the Commission

“Towards a European strategy for nanotechnology”, 12.5.2004 COM (2004) 338 final)]. Available at: http://ec.europa.eu/nanotechnology/pdf/nano_com_en.pdf (accessed 10.04.2018).

3. Semakina N. V., Kodolov V. I., Pletnev M. A. [Challenges in training highly skilled human resources for nanoindustry of the Udmurt Republic]. *Vestnik Udmurtskogo universiteta. Serija: Fizika. Himija*, 2012, vol. 2, pp. 3-9 (in Russ.).

4. Azoev G. L. *Rynok nano: ot nanotekhnologii - k nanoproduktam* [The market of nano: from nanotechnologies to nanoproducts]. Moscow, Binom, 2011, 319 p. (in Russ.).

5. *Shkol'naya liga ROSNANO* [RUSNANO School League] (in Russ.). Available at: <http://www.schoolnano.ru> (accessed 18.04.2018).

6. *Nanotekhnologicheskoe soobshchestvo «Nanometr»* [Nanotechnology community “Nanometer”] (in Russ.). Available at: <http://www.nanometer.ru> (accessed 18.04.2018).

7. Semakina N. V., Semakina K. E. *Otsenka potentsiala razvitiya nanoobrazovaniya v Udmurtskoi Respublike* [Evaluation of the potential of nanogenation development in Udmurt Republic]. *Tezisy dokladov Chetvertoj mezhdunar. konf. “Ot nanostruktur, nanomaterialov i nanotekhnologij k nanoindustrii”* [Proc. Fourth Intern. conf. “From nanostructures, nanomaterials and nanotechnologies to nanoindustry”]. Izhevsk, 2013, p. 89 (in Russ.).

8. Semakina N. V., Kodolov V. I. [Development of nanoeducation through consortium «Scientific Educational Center – University – Enterprise»]. *Polymers Research Journal*, 2011, vol. 5, no. 2, pp. 215-223.

9. Semakina N. V. *Sostoyanie i perspektivy razvitiya nanoobrazovaniya v Udmurtskoi Respublike* [Status and prospects for the development of nanogenation in the Udmurt Republic]. *Materialy resp. seminar “Ot shkol'noj skam'i k nanotekhnologijam: problemy i perspektivy razvitija estestvenno-nauchnogo obrazovanija na primere MBOU “Licej № 41”* [Proc. rep. of the seminar “From school to nanotechnology: problems and prospects for the development of science education on the example of MBEI “Lyceum № 41”]. Izhevsk, 2012, pp. 30-38 (in Russ.).

10. Semakina N. V., Kodolov V. I. *Formirovanie kadrovogo potentsiala nanoindustrii v Udmurtskoi Respublike* [Formation of the personnel potential of nanoindustry in the Udmurt Republic]. *Materiály IX Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii “Nauchnaja industrija evropejskogo kontinenta-2013”* [Proc. IX International Scientific and Practical Conference “Scientific Industry of European Continent-2013”]. Praha, 2013, pp. 24-30.

11. Semakina N. V., Kodolov V. I., Pletnev M. A. [National education in the complex “Udmursk scientific center of the URO RAS (NOUCH of chemical physics and mesoscopy) - Izhevsk state technical university - SIC Izhevski electromechanical factory “KUPOL” under the aegis of ANO RTSN of the Udmurt Republic]. *Vestnik IzGTU*, 2011, no. 4, pp. 200-204 (in Russ.).

12. Semakina N. V. *Opyt prepodavaniya nanokhimii v litsee* [Experience of teaching nanochemistry in the

lyceum]. *XX Mendeleevskij s#ezd po obshhej i prikladnoj himii* [Proc. XX Mendeleev Congress on General and Applied Chemistry]. Ekaterinburg, 2016, vol. 5, p. 52 (in Russ.).

13. Semakina N. V. [Nanotechnology-oriented system of natural science education in secondary schools]. *Nanotechnol.*, 2017, vol. 14, no. 7/8, pp.680-689. DOI: 10.1504/IJNT.2017.083442.

Concept of Natural Science Education with Inclusion of Fundamentals of Nanotechnology in High-Tech Region

N. V. Semakina, PhD in Engineering, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

The paper presents the concept of natural science education with the inclusion of the fundamentals of nanotechnology in a high-tech region. An analysis is given of the current state of school nano-education abroad, in Russia, including in the Udmurt Republic. The concept gives an idea of how in the regional education system to organize a purposeful work on teaching the fundamentals of nanotechnology at the school level. The goal, the tasks of the concept, its basic principles are formulated, taking into account which, according to the author, there should be school nano-education in a high-tech region. A set of organizational, educational, methodical and technological measures aimed at forming a unified educational space in the field of natural sciences and nanotechnologies for providing the region with highly qualified personnel is proposed.

Experience of implementing the concept in the Udmurt Republic is described. Evaluation of results of the developed concept implementation allows us to conclude that the formation of school nano-education as a subsystem of regional continuous education in the field of nanotechnologies is possible only in a single organizational cycle that is provided within the consortium, including general educational institutions, higher educational institutions, academic institutes of the RAS, enterprises and public organizations of the region.

Keywords: nanotechnology, school nano-education, consortium, modernization of education, regionalization of education, additional educational programs, learning through research.

Получено 05.07.2018