

СОВРЕМЕННЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ БИОНАНО- ИЛИ НАНОБИОТЕХНОЛОГИИ

Ключевые слова: бионанотехнологии, нанобиотехнологии, нанобиоматериалы, биологические системы, вопросы биобезопасности.

В статье рассмотрены основные направления развития современной бионано- и нанобиотехнологии, вопросы биобезопасности бионаносистем, особое внимание уделено биоматериалам и нанобиоматериалам природного происхождения, и возможности их использования в реальных секторах экономики и производства, таких как медицина, фармацевтика, космецевтика, биотехнология.

Keywords: bionanotechnology, nanobiotechnology, nanobiomaterials, biological systems, biosafety.

The article describes the main directions of development of modern bionano- and nanobiotechnology, biosafety bionanosystem, it focuses on biomaterials and nanobiomaterials natural origin, and the possibility of their use in the real sectors of the economy and production, such as medicine, pharmacy, cosmeceuticals, and biotechnology.

На сегодняшний день действующая система приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации, включает шесть направлений, два из них включают в себя такие понятия как бионанотехнологии и нанобиотехнологии – это – «Индустрия наносистем и материалов» и «Живые системы». Указанные направления, в целом соответствуют глобальным научно-технологическим тенденциям. Наиболее перспективное их использование в сфере «Медицина и здравоохранение» [1].

В соответствии со Стратегией развития науки и инноваций в Российской Федерации на период до 2015 года основу государственного сектора науки и высшего образования в перспективе составят технически оснащенные на мировом уровне, укомплектованные квалифицированными кадрами, достаточно крупные и финансово устойчивые научные и образовательные организации.

Стимулирование развития сектора исследований и научно-технических разработок, формирование инновационной инфраструктуры в нанотехнологической отрасли осуществляется в первую очередь за счет государственного финансирования фундаментальной науки и прикладных разработок, в том числе через федеральные целевые программы и государственные фонды финансирования науки [2].

Для привлечения молодежи в сферу науки, образования и высоких технологий, закрепления ее в этой сфере за счет развитой инфраструктуры, а также сохранения преемственности поколений в науке и образовании, в рамках мероприятия 2.1 «Организация и проведение всероссийских и международных молодежных научных конференций и школ» федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет» (ФГБОУ ВПО «КНИТУ») была проведена всероссийская молодежная научная школа «Биоматериалы и нанобиоматериалы: Актуальные

проблемы и вопросы безопасности» с изданием сборника трудов.

Для проведения данного мероприятия были привлечены молодые специалисты занимающиеся проблемами бионанотехнологии из семи федеральных округов Российской Федерации – Центрального, Южного, Северо-Западного, Дальневосточного, Сибирского, Уральского, Приволжского. Общее количество научно-педагогических кадров принявших участие в школе-конференции составило 91 человек, из них доля молодых исследователей составила 77%. Всего было опубликовано 76 тезисов докладов. Наиболее популярной была секция «Биоматериалы и нанобиоматериалы для медицины, фармации и космецевтики» – 55%, затем секция «Биоматериалы и нанобиоматериалы» – 33%, доля докладов в секции «Безопасность бионаносистем» составила соответственно – 12% [3].

В данной статье проведен обзор наиболее интересных и востребованных тематик рассматриваемых в рамках проведения молодежной школы-конференции. Наибольший интерес привлекли доклады ведущих специалистов в данной области, имеющих богатый опыт разработок в области нанобиотехнологий Г.К. Будникова, Н.Б. Мельниковой, С.Н. Егоровой, А.П. Каплуна, Е.Н. Офицера, Р.И. Мустафина, С.Ю. Гармонова, М.А. Сысоевой, Т.Г. Хониной, В.В. Верхотурова. Не остались без внимания и доклады молодых специалистов, которые были представлены во время секционных заседаний.

Область знания, касающаяся изучения биоматериалов и нанобиоматериалов является междисциплинарной и затрагивает вопросы биохимии, микробиологии, фармацевтической, физической, коллоидной химии, наномедицины, нанотехнологии и других смежных областей.

Принципиальным документом, конкретизирующим развитие нанотехнологий в Российской Федерации, является Программа развития nanoиндустрии в Российской Федерации до 2015 года. Программа развития является важным звеном реализации президентской инициативы «Стратегия развития nanoиндустрии», утвержденной

Президентом Российской Федерации 24 апреля 2007 г. № Пр-688, обеспечивающим развитие и логическое продолжение Концепции развития в Российской Федерации работ в области нанотехнологий на период до 2010 года (одобрена Председателем Правительства Российской Федерации 18 ноября 2004 г. № МФ-П7-6194), Программы координации работ в области нанотехнологий и наноматериалов в Российской Федерации (одобрена распоряжением Правительства Российской Федерации от 25 августа 2006 г. № 1188-р) и переход от научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области нанотехнологий и наноматериалов к формированию конкурентоспособного рынка нанопродукции в России.

Комплексность и сложность нанотехнологических проблем требует разработки новых государственных образовательных стандартов, вынуждает искать новые подходы к подготовке специалистов. Непременным условием высокого качества подготовки выпускников является неразрывное единство образовательной, научной, инновационной и производственной деятельности. Также является актуальным развитие научно-исследовательской работы студентов, аспирантов и молодых ученых, участие их в конференциях, конкурсах, олимпиадах по бионанотехнологиям и нанобиоматериалам.

Международный подход к единообразной нанотерминологии был одним из важных вопросов, обсуждаемых на школе-конференции. Этот вопрос ранее также обсуждался в Санкт-Петербурге в 2011 году на 12-м пленарном заседании ИСО/ТК229 [4-7], по результатам которого было предложено разработать специализированные тематические словари из новой серии.

Первый словарь – *ISO/TS 80004-5:2011 "Нанотехнологии – Словарь – Часть 5: Нано-биоинтерфейс"* предположительно будет содержать ключевые термины фундаментального характера: нанобиотехнология, бионанотехнология, нанотоксикология, биоиницированная (биоимитирующая) нанотехнология, наноимитирующая, молекулярная биология, биомолекулярные аспекты, биологические объекты, существующая терминология физической химии и др.

Второй словарь – *ISO/TS 80004-7:2011 "Нанотехнологии – Словарь – Часть 7: Здравоохранение – Диагностика и терапия"* предположительно будет включать терминологию, описывающую биологические аспекты использования наноматериалов и влияние наномедицинских исследований на здоровье, безопасность и окружающую среду.

Среди терминов, впервые предложенных данным словарем, появляются:

- "хитрый" нано-объект/*stealth nano-object*;
- сенсорные нанопоры/*nanopore sensor*;
- наноигла/*nanoneedle*;
- нанопористая мембрана/*nanoporous membrane*;
- наноямка/*nanopit*;
- наноканал/*nanochannel*.

Естественно, что самыми важными и первоочередными понятиями были термины «бионанотехнология» и «нанобиотехнология». Надо отметить, что есть существенная разница в двух этих с первого взгляда одинаковых терминах, хотя часто они используются во взаимозаменяемом порядке (рис. 1) [8].

Бионанотехнология – это использование биологических строительных блоков, а также биологических специфичности и активности в развивающейся нанотехнологии.

Нанобиотехнология – применение нанотехнологических приемов для развития и улучшения биотехнологических методов и продуктов.



Рис. 1 – Вот для чего нужны нанобио-и бионанотехнологии [8]

Бионанотехнология подразумевает применение биологических сборок для решения разнообразных проблем. К бионанотехнологии в основном относится рассмотрение вопросов о том, как можно решать задачи нанотехнологии через изучение работы биологических машин и адаптацию этих биологических закономерностей для улучшения существующих нанотехнологий или создания новых. Бионанотехнология может позволить, например, модифицировать ДНК, белки, меланины и другие макромолекулы для нужд наноэлектроники и наноэлектрoхимии.

Иными словами, можно сказать, что нанобиотехнология – это использование нанонаук для решения биологических задач. К нанобиотехнологии относится создание устройств для изучения биологических систем; наносенсоры, работающие в реальном времени; наноразмерные матрицы для контроля над производством лекарств; вопросы тканевой инженерии и репарации тканей; создание и конструирование нанороботов.

Другими словами, нанобиотехнология это существенно уменьшенная биотехнология, а бионанотехнология – специфическое применение нанотехнологии.

В лекции Г.К. Будникова профессора кафедры аналитической химии Казанского

(Приволжского) федерального университета наиболее широко были рассмотрены вопросы терминологии, в частности, применительно приставки «нано» в электроанализе. Что это модная приставка или новый этап развития? Рассмотрены и обсуждены такие термины, как:

- *наноэлектроанализ,*
- *наноаналитика,*
- *нанохимия,*
- *нанопоток,*
- *наносенсор (нанобиосенсор),*
- *наноархитектура,*
- *нанотрубки,*
- *наноэлектрод,*
- *нанотехнология,*
- *нанобиотехнология,*
- *нанокластер,*
- *нанореактор и т.д.*

В этих терминах отражается одна из заметных тенденций в развитии аналитической химии – миниатюризация химического анализа. Миниатюризация проявилась и в последовательной смене величин пределов обнаружения (от микро- и нано- до пико- и фемтограммов или молей вещества и т.д., до одной молекулы) и в миниатюризации измерительных и детектирующих устройств.

В качестве наиболее перспективных и информативных методов локального исследования электродной поверхности отмечены:

- рентгеновское отражение,
- атомно-силовая микроскопия,
- туннельная электронная микроскопия,
- электрохимический импеданс,
- сканирующая электрохимическая микроскопия,
- и некоторые другие, например, метод комбинационного рассеяния света [9-11].

Обсуждались, каким образом к настоящему моменту реализовываются опубликованные в 2006 г. 1) прогноз мирового технологического развития до 2020 г. «The Global Technology Revolution 2020, In-Depth Analyses» (Bio/Nano/Materials/Information Trends, Drivers, Barriers and Social Implications) и 2) стартовавшая в том же году федеральная целевая программа "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы" Постановление Правительства Российской Федерации от 17 октября 2006 г. N 613 [12-14]. Было отмечено, что большинство из запланированных изделий нанотехнологий уже существуют на мировом рынке, при этом некоторые из прогнозируемых изделий так и не вышли даже на стадию разработок.

Рассмотрена география российских исследовательских разработок в области нанотехнологии, выявлены самые активные регионы и организации, приведен проект классификации научных специальностей нанопрофиля. Было отмечено, что наибольшая научная активность наблюдается в следующих направлениях: наноматериалы, методы и инструменты исследования наноматериалов и наноустройств, наноэлектроника, нанопотоника, нанобиология и наномедицина.

Причем отмечается неоспоримое лидерство исследований в области наноматериалов, а также разработки методов и инструментов исследования наноматериалов.

Приведен перечень наиболее популярных журналов и наиболее посещаемых электронных ресурсов, связанных с нанотехнологическими разработками.

В качестве ведущих научных журналов были отмечены:

- Bioelectrochemistry and Bioenergetics
- Biosensors and Bioelectronics
- Electroanalysis
- Electrochemical and Solid State Letters
- Electrochemical Society Interface
- Electrochemistry Communications
- Electrochimica Acta
- Electrophoresis
- J. of Applied Electrochemistry
- J. of Electroanalytical Chemistry
- J. of Electroceramics
- J. of New Materials for Electrochemical Systems
- J of Reports in Electrochemistry
- J.of Solid State Electrochemistry
- J. of The Electrochemical Society (JES)
- International Journal of Electrochemistry
- Solid State Ionics
- Электрохимия
- Российские нанотехнологии
- Наноиндустрия
- Нанотехнологии и наноматериалы
- Нанотехнологии и охрана здоровья

Особое внимание было уделено проблемам обеспечения безопасности бионаносистем [11].

В лекции А.П. Каплуна профессора кафедры органической химии Московского государственного университета тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова рассматривались основы использования и методики введения наночастиц в качестве лекарственной формы, в реальные препараты, перспективы их использования. Показано влияние размеров и формы наночастиц на эффективность их фармакологического действия. Изучено применение наноразмерных лекарственных форм при лечении злокачественных опухолей, внутриклеточных инфекций. Отдельно уделялось внимание разработке способов доставки лекарственных субстанций к пораженным органам или тканям. В качестве перспективных способов доставки отмечалось: использование дендримеров, нанодисков, липосомальных форм, мультивезикулярных везикул (МВВ), филломицелл, композитных наночастиц. Подводя итоги А.П. Каплун отметил, что изменяя размер, форму и свойства поверхности можно радикальным образом менять фармакинетику нано- и микрочастиц, а именно, время их циркуляции в крови, эффективность поглощения клетками, нацеливание на определенные клетки и прохождение различного рода биологических «барьеров» [15].

В лекции Р.И. Мустафина профессора, заведующего кафедрой фармацевтической химии

ГБОУ ВПО «Казанского государственного медицинского университета» были рассмотрены вопросы комбинирования химически комплементарных типов сополимеров фармацевтического назначения (Eudragit®) в пероральных системах доставки лекарственных веществ. Отмечено, что в основе процессов, контролирующих высвобождение лекарственных веществ, лежит взаимодействие реакционно-способных групп между парой сополимеров Eudragit® как внутри матриц, так и внутри многослойных и комбинированных покрытий. Анализ этих процессов имеет ключевое значение для представления (мет)акрилатных поликомплексов как нового класса носителей лекарственных веществ для конструирования современных пероральных систем доставки лекарств [16, 17].

Р.И. Мустафин также предложил молодым ученым, аспирантам и студентам задаться следующим немаловажным для исследователя вопросом: «Как и когда приходит ощущение того, что то, что ты делаешь в науке интересно не только тебе самому?». В качестве ответов на этот вопрос прозвучали следующие высказывания:

- цитируемость Ваших статей;
- формирование новых научных групп за рубежом по Вашему направлению;
- отзывы ведущих ученых на Ваши публикации;
- приглашение выступить в качестве эксперта при рецензировании статей;
- приглашение войти в состав редакционных советов журналов [16-18].

В лекции Т.Г. Хониной профессора Института органического синтеза им. И.Я. Постовского Уральского отделения РАН рассматривались бионаносистемы на основе полиолатов кремния и титана в качестве средств местного и наружного применения. В первую очередь изучались физико-химические закономерности реакций образования и химических превращений функциональных органосиланов и титанатов; синтез кремний- и кремнийтитаносодержащих полиолатов и гидрогелей на их основе; исследовался их состав, строение, механизм образования и свойств. На следующем этапе изучались фармакологические свойства синтезированных веществ в плане установления взаимосвязи: состав, строение, свойства, а также вопросы, связанные со стандартизацией и возможностью использования наиболее перспективных разработок в медицинской и ветеринарной практике [19-22].

Лекция Е.Н. Офицера профессора, декана факультета химико-фармацевтических технологий и биомедицинских препаратов Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева была посвящена особенностям Biorefinery в России.

Под термином "Biorefinery" в настоящее время понимают комплексную переработку биомассы химическими и/или биотехнологическими методами в спектр конкурентно-способных продуктов и энергию (Biorefinery is the sustainable processing of biomass into a spectrum of marketable products and

energy). Biorefinery – производство продукции из биомассы, биоцеха по переработке биомассы, получение биотоплива и т.п.

Biorefinery – это направление промышленной биотехнологии, использующее растительное сырье для получения базовых продуктов (сахара, спиртов, кислот, фурфурола, молочной и левоулиновой кислот и проч.) для химической промышленности, энергетики и медицины. Другими словами – производство исходных продуктов или сырья для химической промышленности из растительной массы методами химии и/или биотехнологии.

Направление Biorefinery рассматривалось также как основа профиля подготовки в рамках направления и/или специальности 240901 «Биотехнология» или 240100 «Химическая технология и биотехнология».

Проводился сравнительный анализ особенности реализации программы комплексного развития промышленности:

- основного органического и нефтехимического синтеза;
 - тонкого органического синтеза;
 - биотехнологии,
- на основе инновационных принципов Biorefinery в России, странах ЕС, Америке и др.

В качестве перспективного сырья для Biorefinery в промышленных масштабах широко рассматривался топинамбур, как кормовая и пищевая культура, и основной акцент делался в направлении химической и биотехнологической его переработки, в частности для процесса получения спирта, и ряда других продуктов [23-26].

В лекции М.А. Сысоевой заведующей кафедрой пищевой биотехнологии ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» рассматривалось применение природных меланинов в качестве нанообъектов широкого спектра действия. Сначала давалось определение меланинам, описывалась их структура и физико-химические свойства, источники получения, биосинтез. Затем рассматривались препараты, разрабатываемые и применяемые на основе меланинов, а также перспективы использования меланинов как лекарственных средств и их безопасность [27].

Исследованию меланинов также были посвящены работы доцента кафедры пищевой биотехнологии ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» О.Ю. Кузнецовой и соавторов [27-33] по изучению их сорбционных свойств [28], ауксиноподобной активности [29], возможности применения меланинов чаги в аппликационных лекарственных средствах – фитопленках [30, 31] и в качестве антиоксидантов в косметических средствах – мылах [32], гелях и шампунях [33]. Анализ поверхности меланинов в различных объектах (экстрактах, фитопленках, биологически активных добавках) проводили методом атомно-силовой микроскопии [30].

В работе аспиранта кафедры физико-коллоидной химии ФГБОУ ВПО «Казанский

национальный исследовательский технологический университет» Ю.А. Шигабиевой [33] рассмотрено применение экстрактов чаги «Фунги Б11» и «Фунги Б13», содержащих высокоантиоксидантные меланины, в качестве биокомпонентов гетерогенных косметических композиций – пеномощей композиции и геля. В качестве методов анализа исследуемых композиций были выбраны широко известные: метод Росс-Майлса для определения пеномощей способности пеномощей композиций; кулонометрический метод для определения антиоксидантной активности экстрактов, меланинов и косметических композиций метод ротационной вискозиметрии для определения реологических характеристик; метод дифференциальной сканирующей калориметрии для определения состояния воды в полимерных косметических гелях.

В лекции С.Н. Егоровой профессора, заведующего кафедрой фармации ГБОУ ВПО «Казанский государственный медицинский университет» посвященной биофармации уделялось внимание в первую очередь, разработке наиболее терапевтически эффективных лекарственных форм с оптимальным составом вспомогательных веществ, а также предотвращению терапевтической неэквивалентности лекарственных веществ. Рассматривались различия между оригинальными фармацевтическими препаратами и столь популярными в последнее время дженериками. Давалась оценка лекарственных препаратов с точки зрения фармацевтической, биологической, терапевтической эквивалентности. Нанотехнологии в фармации рассматривались на примере повышения биодоступности лекарственных форм с применением твердых дисперсий [34]. Особое внимание уделялось явлению полиморфизма в лекарственных средствах (барбитураты, сульфаниламиды, антибиотики и др.).

Отдельный акцент был сделан на важность способа введения лекарственного вещества в организм и повышение избирательности действия лекарственных веществ. Наиболее предпочтительными и обеспечивающими максимальную биодоступность в настоящее время являются: интраназальный, легочный и трансдермальный пути введения. Трансдермальный путь введения, как один из приоритетных, получил в последнее время широкое развитие в виде аппликационных лекарственных форм – пленок, пластин, пластырей, предполагающих пролонгированное введение биологически активных веществ в организм через кожу или слизистые оболочки [30, 31].

Лекция Н.Б. Мельниковой профессора, заведующей кафедрой фармацевтической химии и фармакогнозии ГБОУ ВПО «Нижегородская государственная медицинская академия» была посвящена созданию и изучению тонких пленок производных фуллеренов и каликсаренов как биомиметических моделей антиоксидантной активности и основы ферментных биосенсоров.

Самоорганизующиеся монослои (SAMs) «smart» наноматериалов в лекарствах создавались

двумя путями: 1) с помощью молекулярной диагностики для ионов металлов, лекарств, ферментов и белков-маркеров для многих заболеваний – таким образом получали *сенсоры*; 2) применяя прогнозирование свойств лекарств – при разработке *новых лекарств*.

При разработке биомиметических моделей биологической активности с использованием SAMs производных фуллерена и каликсарена для изучения фармакологических эффектов биологически активных соединений (БАС) и разработке новых лекарств и сенсоров решались следующие задачи:

- выбор наилучших условий для формирования эластичных устойчивых SAMs;
- изучение рецепторной способности SAMs для ферментов;
- разработка моделей для изучения антиоксидантной активности лекарств.

При создании SAMs использовались современные методы:

- получение лентгмюровских монослоев;
- осаждение пленок (SAMs).

Анализ получаемых пленок проводился методом атомно-силовой микроскопии, антиоксидантная активность определялась хемолуминисцентным методом анализа.

Рассмотрена возможность использования фосфорсодержащих фуллеренов в терапии заболеваний костной ткани. Продемонстрирована возможность использования лентгмюровских монослоев и пленок производных фуллеренов и каликсаренов (SAMs) для анализа природных и синтетических биологически активных веществ, и их участия в окислительно-восстановительных процессах. Показана возможность создания ферментных биосенсоров на основе SAMs каликсаренов (тиакаликсаренов и резорцинаренов) на примере цитохрома *c* и церулоплазмينا. Установлена взаимосвязь между антиоксидантной активностью и структурой SAMs нитроксидных фуллеренов на жидких и твердых подложках. Показано, что малые количества нитроксидных метанофуллеренов в гелевых и мазевых фармацевтических композициях индуцируют активность каталазы и супероксиддисмутаза. Предложены новые лекарственные средства для лечения заболеваний костной ткани на основе фосфорилированных метанофуллеренов, подтвержденные в эксперименте на животных [35-37].

В докладе Большаковой А.Е. аспиранта ГБОУ ВПО «Нижегородская государственная медицинская академия» на тему «Мицелированный карбонат кальция как основа лекарственных средств для профилактики и лечения заболеваний костной ткани» поднимались актуальные вопросы посвященные разработке новых метаболитических лекарственных средств мицеллярного карбоната кальция, комбинированных с фосфорсодержащими компонентами и гиалуронатом натрия.

При этом первостепенными задачами исследования было изучить состав и структуру фармацевтической субстанции мицеллата

углекислого кальция; разработка составов антиостеопорозного лекарственного средства на основе мицеллярного карбоната кальция, фосфорсодержащих компонентов и гиалуроната натрия; исследование влияния биологически активных полисахаридов на стабильность, структуру и свойства разрабатываемых антиостеопорозных лекарственных средств («Мицеостин» (заявка на изобретение РФ) и «Мицефосфон» (заявка на изобретение РФ)). Проведены доклинические исследования состава лекарственных средств по специфической активности и токсичности. Фармакологическое действие фармацевтических композиций подтверждалось экспериментами на животных – собаках, кроликах, курах-несушках, молочных поросят. Были разработаны методы анализа компонентов состава лекарственных средств. Предложена нормативная документация представленная в виде проектов фармакопейной статьи на каждое лекарственное средство [38].

Доклад Сидоровой М.В. аспиранта ГБОУ ВПО «Нижегородская государственная медицинская академия» был представлен на тему «Антиостеопорозные лекарственные средства на основе кластеров фитина и 3,5-фитаза, иммобилизованных на твердой фазе». В работе аспирантом был разработан состав и методики анализа компонентов фармацевтической композиции. Сформулировано теоретическое обоснование использования фитина как компонента фармацевтической композиции.

Ингредиентный состав фармацевтической композиции был обоснован по способности всасывания кальция и фосфат-ионов в желудочно-кишечный тракт, так: фитин вносился как источник гидрофосфат-ионов биогенного происхождения; фитаза или сухие дрожжи – для расщепления фитина; аскорбат кальция как источник ионизованного кальция; дополнительно вводились нерастворимые соединения кальция (например, CaCO_3).

Предложено количественное определение кальция и фосфора в разработанной фармацевтической композиции методом атомно-абсорбционной спектроскопии. Проведены доклинические исследования [39].

В. Хузяхметова аспирант кафедры биохимии кафедры микробиологии ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» представила доклад на интересную тему «Магнитные пробиотики: модификация лактобацилл магнитными частицами». Установлено, что проведенная модификация магнитными наночастицами поверхности пробиотических бактерий *Lactobacillus plantarum* 8P-A3 и характеристика морфологических, культуральных и физиологических свойств у созданных гибридных наномодифицированных клеток не влияет на рост и жизнеспособность лактобацилл. Однако, это воздействие приводит к усилению их адгезивных свойств, определенных по увеличению гидрофобности клеточной поверхности и адгезии к буккальным эпителиоцитам. При этом модификация поверхности клеток *L. plantarum* 8P-A3 магнитными наночастицами снижает биосинтез

молочной кислоты в 1.5 раза по сравнению с интактными клетками в течение первых десяти часов роста культуры лактобацилл, а также позволяет эффективно разделять смеси лактобацилл с прокариотическими и эукариотическими микроорганизмами на их отдельные составляющие с использованием постоянного магнита. В работе были использованы синтезированные на кафедре биохимии наночастицы, их исследование велось с помощью просвечивающей электронной микроскопии и газожидкостной хроматографии [40].

В работе Р.Ю. Яковлева ассистента ГБОУ ВПО «Рязанского государственного медицинского университета им. акад. И.П. Павлова» были рассмотрены наиболее перспективные в наномедицине носители для создания систем доставки лекарственных веществ углеродные наночастицы – фуллерены, нанотрубки и, особенно, нетоксичные и биосовместимые с живым организмом наноалмазы (НА) [41], имеющие набор особых физико-химических свойств: сверхмалый размер частиц (5 нм), развитую удельную поверхность и высокую концентрацию поверхностных функциональных групп.

Р.Ю. Яковлевым были разработаны способы химического модифицирования НА путем варьирования газофазных и жидкофазных методов окисления и восстановления его поверхности, а также галогенирования и аминирования.

Модифицированные НА использовались при иммобилизации на поверхность ряда лекарственных веществ различного химического строения из разных фармакологических групп. Так, из группы дикарбоновых кислот на поверхность НА была иммобилизована янтарная кислота, являющаяся интермедиатором цикла Кребса, из группы аминокислот – центральный нейромедиатор глицин, из аминокликозидов – антибиотик с противотуберкулезной активностью амикацин.

В настоящее время Р.Ю. Яковлевым ведутся работы по изучению биофармацевтических и фармакологических свойств полученных систем. С помощью методов клеточной биологии и просвечивающей электронной микроскопии. Показано, что химическое строение и фармакологическое действие лекарственного вещества, иммобилизованного на поверхности НА, существенно влияет на динамику и характер проникновения конъюгатов НА в клетки HeLa [42].

Проведенный в данной статье обзор наиболее интересных и востребованных тематик рассматриваемых в рамках проведения молодежной школы-конференции еще раз подтвердил актуальность и востребованность нанобио- и бионанотехнологий в различных областях науки и промышленности.

Школы-конференции, олимпиады и семинары, проводимые при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы, способствуют просвещению молодежи в различных областях

знаний. Подобные мероприятия позволяют повысить информированность населения о научной и научно-инновационной деятельности и проектах, реализуемых образовательными и научными учреждениями, в частности, в области бионано- и нанотехнологий.

Молодые ученые, аспиранты и студенты, участвовавшие в мероприятии получили возможность применения в дальнейшем полученных знаний в своей педагогической и научной практике. Участие в школах-конференциях позволяет расширить свои профессиональные взгляды, ознакомиться с разработками современных ученых, пообщаться с ведущими специалистами данной отрасли, завязать новые контакты.

Материалы данной школы «Биоматериалы и нанобиоматериалы: Актуальные проблемы и вопросы безопасности» могут быть использованы при разработке учебных и методических пособий для специализированных курсов, например, при обучении студентов и магистрантов по основным образовательным программам по направлениям подготовки 152200 «Наноинженерия», 554500 «Нанотехнология» и 240901 «Биотехнология».

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы по государственному контракту № 12.741.11.0101, а также при частичной финансовой поддержке по итоговому перечню проектов научно-исследовательских работ ФГБОУ ВПО «КНИТУ», проводимых в рамках государственного задания Министерства образования и науки РФ в 2012 году и плановом периоде 2013 и 2014 годов (ПНИЛ 4.5285.2011 (внутр. 95.12) от 28.02.2012 г) тема: "Разработка биологически активных добавок на основе супрамолекулярных бионаносистем".

Литература

1. Перечень критических технологий Российской Федерации от 7.07.2011 (http://news.kremlin.ru/ref_notes/988).
2. Р.Р. Низамов, *Вестник Казан. технол. ун-та*, **15**, 17, 266-268 (2012).
3. *Биоматериалы и нанобиоматериалы: Актуальные проблемы и вопросы безопасности*. Тезисы докладов Всероссийской молодежной научной школы. Отечество, Казань, 2012. 94 с.
4. С. Хохлявин, *Наноиндустрия*, **5**, 88-91 (2011).
5. С. Хохлявин, *Наноиндустрия*, **5**, 90-97 (2010).
6. С. Хохлявин, *Наноиндустрия*, **2**, 62-66 (2011).
7. М.В. Алфимов, *Российские нанотехнологии*, **5**, 7, 8-15 (2010).
8. Э. Газит, *Нанобиотехнология: необъятные перспективы развития*. - М.: Научный мир, 2011. 152 с.
9. Г.К. Будников, *Успехи химии*, **61**, 1, 1491-1514 (1992).
10. И.И. Стойков, *Основы нанотехнологии и нанохимии*, Изд-во Каз. (Приволж.) федер. ун-та, Казань, 2010. 237 с.
11. Г.К. Будников, *Модифицированные электроды для вольтамперометрии в химии, биологии, медицине*, БИНОМ. Лаборатория знаний, Москва, 2009. 416 с.
12. М.В. Алфимов, *Российские нанотехнологии*, **7**, 1, 21-26 (2012).

13. Алфимов, М.В. *Российские нанотехнологии*, **7**, 2, 34-37 (2012).
14. Федеральная целевая программа "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы" (<http://fcpir.ru>).
15. Пат. РФ 232998 (2008).
16. Р.И. Мустафин, *Всероссийская молодежная научная школа «Биоматериалы и нанобиоматериалы: Актуальные проблемы и вопросы безопасности»* (Казань, 18-22 июня 2012). Тезисы докладов. Казань, 2012. С. 80.
17. Р.И. Мустафин, *Всероссийская молодежная научная школа «Биоматериалы и нанобиоматериалы: Актуальные проблемы и вопросы безопасности»* (Казань, 18-22 июня 2012). Тезисы докладов. Казань, 2012. С. 81.
18. Р.И. Мустафин, *Всероссийская молодежная научная школа «Биоматериалы и нанобиоматериалы: Актуальные проблемы и вопросы безопасности»* (Казань, 18-22 июня 2012). Тезисы докладов. Казань, 2012. С. 82.
19. Т.Г. Хонина, Автореф. дисс. докт. техн. наук, Казань, 2012. 49 с.
20. Т.Г. Хонина, *Изв. АН, Сер. Хим.*, **12**, 2175-2180 (2010).
21. T.G. Khonina, *J. Colloid Interface Sci.*, **365**, 81-89 (2012).
22. А.А. Волков, *Клиническая фармакология и терапия*, **6**, 257-259 (2009).
23. В.В. Лунин, (<http://www.greenchemistry.ru/education/files>).
24. В.В. Будаева, *Ползуновский вестник*, **1**, 4, 158-167 (2010).
25. О.В. Сенько, *Международный научный журнал «Альтернативная энергетика и экология»*, **3**, (107). 89-94 (2012).
26. Цюпко, Т.Г. *Аналитика и контроль*, **15**, 3, 287-298 (2011).
27. М.А. Сысоева, *Вестник Казан. технол. ун-та*, **1**, 244-250 (2005).
28. О.Ю. Кузнецова, *Всероссийская молодежная научная школа «Биоматериалы и нанобиоматериалы: Актуальные проблемы и вопросы безопасности»* (Казань, 18-22 июня 2012). Тезисы докладов. Казань, 2012. С. 32.
29. О.Ю. Кузнецова, *Всероссийская молодежная научная школа «Биоматериалы и нанобиоматериалы: Актуальные проблемы и вопросы безопасности»* (Казань, 18-22 июня 2012). Тезисы докладов. Казань, 2012. С. 31.
30. О.Ю. Кузнецова, *Всероссийская молодежная научная школа «Биоматериалы и нанобиоматериалы: Актуальные проблемы и вопросы безопасности»* (Казань, 18-22 июня 2012). Тезисы докладов. Казань, 2012. С. 47.
31. О.Ю. Кузнецова, *Вестник Казан. технол. ун-та*, 2012. – Т.15. – №8. – С.211-212.
32. О.Ю. Кузнецова, *Всероссийская молодежная научная школа «Биоматериалы и нанобиоматериалы: Актуальные проблемы и вопросы безопасности»* (Казань, 18-22 июня 2012). Тезисы докладов. Казань, 2012. С. 93.
33. Ю.А. Шигабиева, *Всероссийская молодежная научная школа «Биоматериалы и нанобиоматериалы: Актуальные проблемы и вопросы безопасности»* (Казань, 18-22 июня 2012). Тезисы докладов. Казань, 2012. С. 69.
34. И.И. Краснюк, Автореф. д-ра фарм. наук. – Москва, 2010. 48 с.
35. Н.Б. Мельникова, *Всероссийская молодежная научная школа «Биоматериалы и нанобиоматериалы: Актуальные проблемы и вопросы безопасности»* (Казань, 18-22 июня 2012). Тезисы докладов. Казань, 2012. С. 55.
36. Н.Б. Мельникова, *Всероссийская молодежная научная школа «Биоматериалы и нанобиоматериалы: Актуальные проблемы и вопросы безопасности»* (Казань, 18-22 июня 2012). Тезисы докладов. Казань, 2012. С. 56.
37. Н.Б. Мельникова, *Всероссийская молодежная научная школа «Биоматериалы и нанобиоматериалы:*

- Актуальные проблемы и вопросы безопасности» (Казань, 18-22 июня 2012). Тезисы докладов. Казань, 2012. С. 57.
38. А.Е. Большакова, *Всероссийская молодежная научная школа «Биоматериалы и нанобиоматериалы: Актуальные проблемы и вопросы безопасности»* (Казань, 18-22 июня 2012). Тезисы докладов. Казань, 2012. С. 50.
39. М.В. Сидорова, *Всероссийская молодежная научная школа «Биоматериалы и нанобиоматериалы: Актуальные проблемы и вопросы безопасности»* (Казань, 18-22 июня 2012). Тезисы докладов. Казань, 2012. С. 48.
40. В.Р. Хузяхметова, *Всероссийская молодежная научная школа «Биоматериалы и нанобиоматериалы: Актуальные проблемы и вопросы безопасности»* (Казань, 18-22 июня 2012). Тезисы докладов. Казань, 2012. С. 68.
41. К.М. El-Say, *J. Appl. Pharm. Sci.*, 1 (6), 29-39 (2011).
42. Р.Ю. Яковлев, *Всероссийская молодежная научная школа «Биоматериалы и нанобиоматериалы: Актуальные проблемы и вопросы безопасности»* (Казань, 18-22 июня 2012). Тезисы докладов. Казань, 2012. С. 46.

© **О. Ю. Кузнецова** – канд. хим. наук, доц. каф. пищевой биотехнологии, начальник отдела маркетинга научно-технических разработок КНИТУ, kuznetsovaolga@mail.ru.