



International POPs Elimination Network



# Нанотехнологии для окружающей среды и медицины

**Обзор**

**Проект**

**«Цель 2020 «Будущее без токсичных веществ!»**

«Химические вещества должны производиться и использоваться так, чтобы предотвратить существенное негативное воздействие на здоровье людей и окружающую среду» (Всемирный саммит по устойчивому развитию, Йоханнесбург, ЮАР, 2002).

**КАЗАХСТАН  
2018**

# **СОДЕРЖАНИЕ**

## **ВВЕДЕНИЕ**

Что такое нанотехнология.....4

## **ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ**

Позиция IPEN по нанотехнологиям.....6

Нанотехнологии для окружающей среды.....7

«Зеленые» нанотехнологии.....10

    Наноразмерные мембраны.....11

    Наноразмерные катализаторы.....12

    Наноматериалы для решения экологических проблем.....13

    Нанокompозиты.....13

**НАНОМЕДИЦИНА**.....14

## **РАЗВИТИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В РОССИИ**

    Развитие нанотехнологий для нужд окружающей среды в России.....22

    Проекты РОСНАНО для медицины и здравоохранения.....23

    Партнерство и сотрудничество стран СНГ в сфере нанотехнологий.....29

## **РАЗВИТИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В КАЗАХСТАНЕ И СТРАНАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ**

    Развитие нанотехнологий в Республике Казахстан.....30

    Развитие нанотехнологий в Республике Узбекистан.....35

    Развитие нанотехнологий в Кыргызской Республике .....38

    Развитие нанотехнологий в Республике Таджикистан.....39

Информирование общественности о нанотехнологических проектах  
в странах Центральной Азии.....39

## **ОТНОШЕНИЕ ОБЩЕСТВА К НАНОТЕХНОЛОГИЯМ: «ЗА» И «ПРОТИВ»**

Нанотоксикология.....42

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**.....43

Список использованной литературы и материалов.....45

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

СПМРХВ	Стратегический подход к международному регулированию химических веществ
IPEN	International POPs Elimination Network – Международная сеть по ликвидации СОЗ
PAN	Pesticide Action Network – Международная сеть действий в отношении пестицидов
ЦУР	Цели устойчивого развития
нм	нанометр
мкм	микрометр

## ВВЕДЕНИЕ

«Большинство существующих регулятивных документов были разработаны с учетом рисков, связанных с обычными материалами. Но зачастую неизвестно, как будут вести себя новые материалы, разрабатываемые и появляющиеся на коммерческих рынках, после их попадания в окружающую среду. Важно обеспечить, чтобы регулирующие режимы были пригодны для решения потенциальных рисков, связанных с продолжающимся развитием и использованием наноматериалов, а также будущим развитием новых материалов».

*Из отчета «Поддержка для 3-го регулятивного отбора по нанотехнологиям – экологическое законодательство» (выпущен в октябре 2016 года). Подготовлен компанией Ricardo Energy & Environment в сотрудничестве с Milieu Consulting и Датским техническим университетом для Генерального директората по окружающей среде Европейской комиссии (ЕК), в рамках проекта ЕК с одноименным названием<sup>1</sup>. Перевод выдержки – Greenwopen.*

## Что такое нанотехнология?

**«Нано»** - одна миллиардная доля чего-либо. Один нанометр – миллиардная доля метра (1 нм = 0,00000001 м). Нанометр меньше метра примерно настолько, насколько грецкий орех меньше земного шара. Размеры в несколько нанометров имеют большие молекулы, например, белки. Атомы и обычные молекулы меньше, они измеряются десятками долями нанометров.

**Нанотехнология** — область фундаментальной и прикладной науки и техники, имеющая дело с совокупностью теоретического обоснования, практических методов исследования, анализа и синтеза, а также методов производства и применения продуктов с заданной атомной структурой путём контролируемого манипулирования отдельными атомами и молекулами<sup>2</sup>.

**Нанотехнологии** — совокупность технологических методов, применяемых для изучения, проектирования и производства материалов, устройств и систем, включая целенаправленный контроль и управление строением, химическим составом и взаимодействием составляющих их отдельных элементов

---

<sup>1</sup> Support for 3rd regulatory review on nanomaterials – environmental legislation. Ricardo Energy & Environment, Milieu Consulting and Danish Technical University. Report for European Commission. – October 2016. – [goo.gl/hCkgzY](http://goo.gl/hCkgzY)

<sup>2</sup> Нанотехнология. Википедия. – [goo.gl/ChgjJV](http://goo.gl/ChgjJV)

нанодиапазона (определение дано в ГОСТ Р 55416-2013 Российской Федерации, Часть 1. «Основные термины и определения») <sup>3</sup>.

**Впервые термин «нанотехнология» употребил японский физик Норио Танигути в 1974 году.** Он назвал этим термином производство изделий размером в несколько нанометров.

Многие источники, в первую очередь англоязычные, первое упоминание методов, которые впоследствии будут названы нанотехнологией, связывают с известным выступлением «Внизу полным-полно места» (англ. «*There's Plenty of Room at the Bottom*») американского ученого-физика, лауреата Нобелевской премии по физике Ричарда Фейнмана, сделанным им в 1959 году в Калифорнийском технологическом институте на ежегодной встрече Американского физического общества. Ричард Фейнман предположил, что возможно механически перемещать одиночные атомы при помощи манипулятора соответствующего размера, по крайней мере, такой процесс не противоречил бы известным на сегодняшний день физическим законам.

Нанотехнология и в особенности молекулярная технология — новые, очень мало исследованные дисциплины. Основные открытия, предсказываемые в этой области, пока не сделаны. Тем не менее, проводимые исследования уже дают практические результаты. Использование в нанотехнологии передовых научных достижений позволяет относить её к высоким технологиям.

**Лидерами рейтинга развития нанотехнологий являются Китай, США, Индия, Иран и Южная Корея** (среди 105 стран, по состоянию на август 2017 года, согласно рейтингу StatNano, созданной в 2010 году организации, целью которой является предоставление статистической информации в сфере нанотехнологий)<sup>4</sup>.

**В первую десятку также входят Германия, Япония, Франция, Великобритания и Россия.**

Казахстан в рейтинге развития нанотехнологий занял 65-е место.

Украина занимает в списке 36-е место, Беларусь - 57-е, Азербайджан - 68-е, Узбекистан - 80-е, Армения - 81-е, Грузия - 89-е, Таджикистан - 93-е, Кыргызстан - 98-е. Туркменистан – в самом конце списка (102-е место).

Нанотехнологии используются в различных сферах, но в этом отчете авторы сосредоточились на применении нанотехнологий для окружающей среды и в медицине.

---

<sup>3</sup> Национальный стандарт РФ. Нанотехнологии. Часть 1. Основные термины и определения. ГОСТ Р 55416-2013 / ISO/TS 80004-1:2010 Группа Т00. – <http://docs.entd.ru/document/1200103381>

<sup>4</sup> ISI Indexed Nanoarticles (Article). StatNano. – <http://statnano.com/report/s29>

# ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

## Позиция IPEN по нанотехнологиям

IPEN(Международная сеть по ликвидации СОЗ), международная сеть НПО, работающих по проектам химической безопасности, и Международная сеть действий по пестицидам (PAN) озвучили свою позицию по нанотехнологиям в январе 2017 года, включив пункты по нанотехнологиям в документ под названием «После 2020 г.: Химическая безопасность и Повестка дня на период до 2030 г.». В документе изложена позиция организаций по Повестке дня в области устойчивого развития на период до 2030 г. Правительства приняли эту повестку, содержащую 17 Целей устойчивого развития (ЦУР), в октябре 2015 г.

IPEN и PAN отметили, что все возникающие проблемные вопросы СПМРХВ (включающие, в частности, и нанотехнологии, и произведенные наноматериалы) весьма актуальны для достижения ЦУР-3 «Обеспечение здорового образа жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте» и ЦУР-16 «Содействие построению миролюбивого и открытого общества в интересах устойчивого развития, обеспечение доступа к правосудию для всех и создание эффективных, подотчетных и основанных на широком участии учреждений на всех уровнях».

IPEN и PAN выступили с 12 программными инициативами с измеримыми целями, способствующими выполнению Повестки дня на период до 2030 г., которые включают и наноматериалы.

Так, в частности по поводу наноматериалов, которые присутствуют в продуктах питания, косметике, бытовых приборах, компьютерах, мобильных телефонах, фармпрепаратах, текстиле, керамике, строительных материалах, спортивном инвентаре, военном оборудовании и во многом другом, было подчеркнута следующее: «...не существует никакого доступного для общественности каталога наноматериалов в продуктах. Вопрос о потенциальном вреде наноматериалов связан со множеством неопределенностей, но соответствующая политика была преимущественно направлена на ускорение их применения с минимальным учетом соображений токсичности или подхода предосторожности. СПМРХВ после 2020 г. следует заняться этой информационной проблемой, проведя работу по созданию глобального каталога наноматериалов. Безопасность нанотехнологий и наноматериалов следует рассматривать в синергетичности с вопросами безопасности работников в СПМРХВ, включая проведение медицинских осмотров работников, занятых в нанотехнологической индустрии».

**В ключевые измеримые цели, связанные с нанотехнологиями, включены следующие:**

1. Создание постоянно обновляемого и открытого для общественности каталога присутствующих на рынке наноматериалов к 2025 г.

2. Проведение биомониторинга и контроля состояния здоровья работников, работающих с наноматериалами в 15 странах к 2025 г.; в 50 странах – к 2030 г.

3. Поддержка разработки адекватных систем управления и/или регулирования в 5 странах в 5 регионах ООН – в общей сложности в 25 странах к 2030 г.

## **Нанотехнологии для окружающей среды**

**Можно найти ряд практических примеров применения нанотехнологий и нанопродуктов, которые обеспечивают решение экологических проблем.**

**Производство солнечных батарей, которые вырабатывают электроэнергию по конкурентоспособной цене.** Исследователи продемонстрировали, что встраивание в полимер массива кремниевых нанопроводов приводит к тому, что солнечные батареи становятся более эффективными и менее дорогостоящими.

**Увеличение электроэнергии, производимой ветряными мельницами.** Для изготовления лопастей мельниц используются углеродные нанотрубки. Такие лопасти являются более крепкими и легкими, что помогает мельницам производить больше электроэнергии даже при низкой скорости ветра<sup>5</sup>.

Очистка наночастицами железа органических растворителей, загрязняющих грунтовые воды, (органические растворители - химический класс соединений, которые обычно используются в промышленности; имеют сходную структуру (в их составе, по меньшей мере, 1 атом углерода и 1 атом водорода). Наночастицы железа рассеиваются в воде и разлагают органический растворитель. Этот метод более эффективный и менее дорогостоящий, чем те, которые требуют, чтобы загрязненная вода откачивалась из-под земли.

**Очистка от разливов нефти.** Photocatalytic nanogrids™ (фотокаталитические наносетки) были изобретены в лаборатории Пелагии-Ирен (Перены) Гумы, профессора кафедры материаловедения и инженерии Университета штата Нью-Йорк в Стоуни-Брук. Наносетка представляет собой большую сетку из

---

<sup>5</sup> Advanced solution for harnessing light winds. UnderstandingNano.com  
<http://www.understandingnano.com/nanotube-windmill-blades.html>

вольфрамата меди, которая, когда активируется солнечным светом, может разрушать нефтяное пятно, оставляя только биоразлагаемые соединения. Этот уникальный катализатор не загрязняет воду и может работать в воде в течение долгого времени и постоянно, чего не может сделать ни один существующий фотокатализатор.

### **Удаление летучих органических соединений (ЛОС) из воздуха.**

Исследователи продемонстрировали катализатор, состоящий из пористого оксида марганца, в который встроены наночастицы золота.

**Утилизация батарей.** Многие батареи по-прежнему содержат тяжелые металлы, такие как ртуть, свинец, кадмий и никель, которые могут загрязнять окружающую среду и представлять потенциальную угрозу для здоровья человека, когда батареи неправильно утилизируются. Батареи на свалках создают экологическую проблему, теряется потенциальное и дешевое сырье. Исследователям удалось восстановить наночастицы оксида цинка из отработанных щелочных батарей.

**Очистка воды от радиоактивных отходов.** Ученые работают над нанотехнологическим решением для очистки воды от радиоактивных отходов - в частности, используя нановолокна титаната в качестве абсорбентов. Исследователи также сообщили, что уникальные структурные свойства титанатных нанотрубок и нановолокон делают их превосходными материалами для удаления из воды радиоактивных ионов цезия и иода.

**Потенциальные области использования нанотехнологий в водопользовании** включают также опреснение и использование наноразмерных тонких мембран.

**Нанофильтрация** - относительно новый процесс мембранной фильтрации, который чаще всего используется для очистки поверхностных вод и пресных подземных вод, с целью их смягчения, дезинфекцирования и удаления из них побочных продуктов, таких как природные органические вещества и синтетические органические вещества. Нанофильтрация также все более широко используется в пищевой промышленности (например, при производстве молочных продуктов).

В 2017 году была создана компания RingwooditE Co Ltd для изучения технологии термоядерных ловушек (ТТТ) с целью очистки всех источников воды от загрязнения и токсического содержимого. Эта запатентованная нанотехнология использует камеру, в которой поддерживаются высокое давление и температура, для отделения изотопов, которых не должно быть в чистой питьевой воде, в соответствии с установленной классификацией ВОЗ. Технология нацелена на очистку вод морей, рек, озер и полигонов. Радиоактивные изотопы удаляются из



морской воды даже после случившихся катастроф атомных станций и башен с установкой охлаждения воды. Собранные отходы сортируются и могут быть использованы в качестве сырья для производства различной продукции<sup>6</sup>.

Новые наноматериалы обладают потенциалом для очистки поверхностных, грунтовых и сточных вод, загрязненных ионами токсичных металлов, органическими и неорганическими растворенными веществами и микроорганизмами.

На рынке нанотехнологий, применяемых при очистки воды, представлены такие как **обратный осмос, нанофильтрация, ультрафильтрационные мембраны.**

**Обратный осмос** — процесс, в котором с помощью давления принуждают воду проходить через полупроницаемую мембрану из более концентрированного в менее концентрированный раствор. При этом мембрана пропускает растворитель, но не пропускает некоторые растворённые в нём вещества.

Обратный осмос используют с 1970-х годов при очистке воды, получении питьевой воды из морской воды, получении особо чистой воды для нужд медицины, промышленности и других.

В настоящее время ведется работа по использованию наноматериалов для создания более эффективных солнечных батарей.

Продолжаются исследования использования нанопроводов и других наноструктурированных материалов с надеждой создать более дешевые и эффективные солнечные элементы, чем это возможно при использовании обычных кремниевых солнечных батарей.

Нанотехнология уже используется для обеспечения улучшенных эксплуатационных покрытий для фотоэлектрических и солнечных тепловых коллекторов. Гидрофобные и самоочищающиеся свойства наноматериалов объединяют для создания более эффективных солнечных панелей, которые могут действовать и в ненастную погоду. Фотоэлектрический коллектор с покрытием, изготовленным из наноматериалов, остается чистым дольше, что помогает обеспечить его максимальную эффективность.

---

<sup>6</sup> Green nanotechnology. Wikipedia. [https://en.wikipedia.org/wiki/Green\\_nanotechnology](https://en.wikipedia.org/wiki/Green_nanotechnology)

## **«Зеленые нанотехнологии»**

**«Зеленые» нанотехнологии** описываются как развитие чистых технологий, которые, по определению Дэвида Реджески (David Rejeski), директора независимой группы «Проект по развивающимся нанотехнологиям» (США), **помогут минимизировать потенциальные риски для окружающей среды и здоровья человека, связанные с производством и использованием нанотехнологических продуктов, а также поощрять замену существующих продуктов новыми нанопродуктами, которые более экологичны на протяжении всего их жизненного цикла»**<sup>7</sup>.

Независимая группа «Проект по развивающимся нанотехнологиям» была создана в 2005 году в США при Международном центре для ученых им. Вудро Вильсона (Woodrow Wilson International Center for Scholars Project on Emerging Nanotechnologies) и сотрудничает с исследователями, представителями правительства, промышленных предприятий, НПО, политиками и другими лицами, чтобы в долгосрочной перспективе выявлять пробелы в знаниях в этой сфере и ликвидировать их, помогая в принятии важных решений, влияющих на развитие и коммерциализацию нанотехнологий.

Ряд экспертов, говоря о «зеленых» нанотехнологиях, поясняет, что с одной стороны, к «зеленым» нанотехнологиям относится производство наноматериалов и продуктов с использованием принципов «зеленых» технологий (что улучшает окружающую среду косвенным образом), а с другой - создание нанопродуктов, которые непосредственно участвуют в решении прошлых, настоящих и будущих проблем, связанных с защитой окружающей среды и здоровья человека (например, сорбенты для очистки сточных вод или питьевой воды, новые катализаторы, энергетические системы).

### **«Зеленые» нанотехнологии имеют две цели:**

- *производство наноматериалов и продуктов, не наносящих вреда окружающей среде или здоровью людей;*
- *производство нанопродуктов, которые обеспечивают решение экологических проблем.*

«Зеленые» нанотехнологии используют существующие принципы «зеленой химии» и «зеленой инженерии» для создания наноматериалов и нанопродуктов без токсичных ингредиентов, при низких температурах, с использованием меньшего количества энергии и материалов, которые в дальнейшем возможно

---

<sup>7</sup> Schmidt Karen F. Green nanotechnologies: it's easier than you think. Report PEN 8 by the Woodrow Wilson International Center for Scholars, Project on Emerging Nanotechnologies, April 2007, p.3  
[http://www.nanotechproject.org/process/assets/files/2701/187\\_greennano\\_pen8.pdf](http://www.nanotechproject.org/process/assets/files/2701/187_greennano_pen8.pdf)

вновь использовать, а также имея в виду жизненный цикл продукции на всех этапах ее проектирования и инженерного осуществления.

**«Зеленая» нанотехнология также подразумевает использование нанотехнологий для того чтобы сделать текущие производственные процессы для не-наноматериалов и продуктов более экологически чистыми<sup>8</sup>.**

Например, **наноразмерные мембраны** могут помочь выделить из отходов желаемые продукты химической реакции.

**Наноразмерные катализаторы** (*подробнее - см. ниже*) могут помочь сделать химические реакции более эффективными и менее расточительными.

**Наноразмерные датчики** могут стать частью систем управления технологическими процессами, работающими с информационными наносистемами.

Использование альтернативных энергетических систем, спроектированных благодаря нанотехнологиям, является еще одним способом «зеленых» нанотехнологий.

### **Наноразмерные мембраны**

**Применяются в медицине, фармацевтике, биотехнологии, аналитической химии, электронике.**

Один из примеров: ученые из Академии наук Молдовы разработали ультратонкие наномембраны<sup>9</sup>. Рассмотреть их можно только при помощи специальных медицинских микроскопов, ведь толщина их составляет миллионную долю миллиметра.

Наномембраны – очень гибкий материал. Пластина способна пропускать электрические разряды, а также ультрафиолетовое излучение. Ее можно использовать как сенсорный датчик, который может определять химический состав человеческой крови, содержание сахара, артериальное давление и температуру тела.

---

<sup>8</sup> Green nanotechnology. Wikipedia. – [https://en.wikipedia.org/wiki/Green\\_nanotechnology](https://en.wikipedia.org/wiki/Green_nanotechnology)

<sup>9</sup> Как это работает: 8 молдавских изобретений, 11 февраля 2017 г. Locals, ежедневный интернет-журнал о событиях в Кишиневе и Молдове. – <http://locals.md/2017/kak-eto-rabotaet-8-moldavskih-izobreteniy/>

## **Наноразмерные катализаторы**

В мае 2017 года на сайте Стэнфордского университета была опубликована информация о том, что команда исследователей Стэнфордского университета и SLAC National Accelerator Laboratory (научная лаборатория Министерства энергетики США, оперируемая Стэнфордским университетом) применяет **нанотехнологии для повышения производительности катализатора**<sup>10</sup>.

Небольшое растяжение или сжатие наноразмерных частиц оксида церия (используется как каталитический конвертер для сокращения выбросов угарного газа в выхлопных газах автотранспортных средств и в технологиях по производству чистой энергии), может привести к значительному улучшению каталитических характеристик.

«Церий, как губка, хранит и выделяет кислород по мере необходимости, - говорит соавтор исследования Уилл Чуэ (Will Chueh), доцент кафедры материаловедения и инженерии в Стэнфорде и ученый, работающий для SLAC. - Мы обнаружили, что растяжение и сжатие церия на несколько процентов резко увеличивает его емкость для хранения кислорода».

«В вашем автомобиле церий удерживает кислород из ядовитого оксида азота, создавая безвредный азот, - говорит автор исследования Чирранджеви Баладжи Гопал (Chirranjeevi Balaji Gopal), осуществлявший постдокторальные исследования в Стэнфорде. - Церий затем выпускает накопленный кислород и использует его для превращения ядовитой окиси углерода (*угарный газ – ред.*) в доброкачественную двуокись углерода (*углекислый газ – ред.*)».

Исследования показали, что сжатие и растяжение наночастиц церия вызывают изменение свойств, которые влияют на его способность хранить кислород.

«Это открытие имеет важное значение в сфере оксидных материалов, получаемых при помощи наноинженерии - улучшается их каталитическая эффективность для преобразования и хранения энергии, - говорит г-н Чуэ. - Это важно для разработки твердооксидных топливных элементов и других «зеленых» технологий по производству энергии, включая новые технологии получения чистого топлива из двуокиси углерода или воды».

---

<sup>10</sup> Shwartz M. Stanford scientists use nanotechnology to boost the performance of a key industrial catalyst, May 18, 2017. Stanford/News. – <http://news.stanford.edu/2017/05/18/tiny-squeeze-stretch-boosts-catalytic-performance/>

## **Наноматериалы для решения экологических проблем**

Здесь речь идет о наноматериалах или продуктах, которые могут непосредственно очищать места с опасными отходами, обессоливать воду, производить обработку загрязняющих веществ или контролировать загрязнители окружающей среды.

Большое будущее у **нанокompозитов** (*подробнее - см. ниже*), которые могут помочь сэкономить топливо и уменьшить количество материалов, используемых для производства транспортных средств.

**Топливные ячейки** (электрохимическое устройство, подобное гальваническому элементу, но отличающееся от него тем, что вещества для электрохимической реакции подаются в него извне) и **светодиоды**, созданные с использованием нанотехнологий, помогут уменьшить загрязнение от генераторов, работающих на загрязняющем атмосферу топливе.

**Самоочищающиеся покрытия из наноматериалов** помогут отказаться от чистящих средств, содержащих химикаты, а также увеличить срок службы батарей (это, в свою очередь, приведет к уменьшению использования материалов и меньшему количеству отходов).

### **Нанокompозиты**

Нанокompозиты, которые также называют материалами будущего - многокомпонентные твердые материалы, в которых один из компонентов в одном, двух или трех измерениях имеет размеры, не превышающие 100 нанометров, или структуры, состоящие из множества повторяющихся компонентов-слоев (фаз), расстояние между которыми измеряется в десятках нанометров.

Кстати, первыми нанокompозитными материалами были реологические органоглины, полученные для нужд промышленности, и косметические средства.

Нанокompозиты, благодаря своей структуре, могут применяться в самых разных областях, включая медицину и экологию.

## Наномедицина

**Нанотехнологии активно применяются в медицине для достижения различных целей.**

**На сайте Российской национальной нанотехнологической сети понятие «наномедицина» определяется следующим образом:**

«Наномедицина — нанонаука и наноинженерия, применяющие комплекс подходов для обеспечения применения нанотехнологических разработок в сфере практической медицины и здравоохранения»<sup>11</sup>.

**На этом же сайте дано и определение «нанобиотехнологии»** — «область нанонауки и наноинженерии, применяющей методы и подходы нанотехнологии для создания устройств для изучения биологических систем. В рамках нанобиотехнологии также изучаются возможности использования живых систем для создания наноустройств»<sup>12</sup>.

Нанотехнологии в медицине могут быть использованы и используются самым различным образом. Например, можно осуществлять **диагностику заболеваний** путем непосредственного наблюдения за молекулярными системами; использовать **системы адресной доставки лекарств** (доставка лекарства непосредственно в очаг развития патологического процесса позволяет добиться повышения эффективности уже существующей лекарственной терапии). Системы адресной доставки лекарств уже очень популярны: мировой объем продаж лекарств с модифицированной системой доставки в настоящее время составляет 20% от общего объема рынка фармпрепаратов.

**В России разработки систем адресной доставки ведутся по двум направлениям:** пассивный направленный транспорт (облегченное проникновение естественных барьеров) и специфическая доставка («узнавание» патологической ткани), что отвечает мировому уровню развития исследований в этой области. Практические результаты уже в ближайшее время могут быть достигнуты в области использования **фосфолипидных частиц, липосом и фуллеренов в качестве контейнеров для доставки препаратов, в том числе вакцин** (подробнее о фосфолипидах, липосомах и фуллеренах – см. ниже)<sup>13</sup>.

**Фосфолипиды** — сложные липиды, в которых содержатся жирные кислоты, фосфорная кислота и дополнительная группа атомов, во многих случаях

---

<sup>11</sup> Нанотехнологии в медицине. Сайт Российской национальной нанотехнологической сети. – <http://rusnanonet.ru/nanoindustry/medicine/nanomedicine/>

<sup>12</sup> Там же.

<sup>13</sup> Там же.

содержащая азот. Они есть во всех живых клетках. Содержатся в нервной ткани, участвуют в доставке жиров, жирных кислот и холестерина<sup>14</sup>.

**Липосомы** — сферические везикулы (это относительно маленькие внутриклеточные мембрано-защищённые сумки, в которых запасаются или транспортируются питательные вещества), имеющие один или несколько липидных бислоев. Образуются в смесях фосфолипидов с водой. Внутри липосом содержится вода или раствор, в котором проводилась ультразвуковая обработка.

Диаметр липосом составляет от 20 нанометров (моноламеллярные везикулы, стенка состоит из одного бислоя) до 10-50 микрометров (мультиламеллярные везикулы, стенка состоит из десятков или сотен бислоев; для сравнения - толщина человеческого волоса составляет от 40 до 120 мкм).

С помощью **липосом** изучают воздействие на мембраны витаминов, гормонов, антибиотиков и других препаратов. Для ядовитых препаратов важным является точная их доставка к больному органу или ткани, минуя остальные части организма. Липосомы успешно используются, как носители лекарств, поскольку:

- по химическому составу сходны с природными мембранами клеток;
- универсальны, что позволяет переносить широкий спектр медицинских химических препаратов;
- не вызывают аллергических реакций.

Липосомы широко применяются в экспериментальной онкологии. Однако есть ряд трудностей использования липосом в медицине: к примеру, липопротеины, обмениваясь с липосомами липидами, способствуют разрушению липосом и вытеканию наружу их содержимого. Также стоит задача увеличения сроков хранения липосом после их приготовления<sup>15</sup>.

**Фуллерен** — молекулярное соединение, принадлежащее классу аллотропных форм углерода и представляющее собой выпуклые замкнутые многогранники, составленные из чётного числа трёхкоординированных атомов углерода.

Аллотропные модификации углерода по своим свойствам наиболее радикально отличаются друг от друга: от мягкого к твёрдому, непрозрачного к прозрачному, абразивного к смазочному и т.п. Эти аллотропы включают аморфные аллотропы углерода (уголь, сажа), нанопену и кристаллические аллотропы (нанотрубка, алмаз, фуллерены, графит, лонсдейлит).

**Фуллерены являются мощнейшими антиоксидантами**, известными на сегодняшний день. В среднем они превосходят действие всех известных до них антиоксидантов в 100—1000 раз. В природном виде содержатся в шунгите и морском воздухе. Предполагается, что фуллерен C<sub>60</sub>, растворённый в оливковом

---

<sup>14</sup> Фосфолипиды. Википедия. — [goo.gl/7XfrVD](http://goo.gl/7XfrVD)

<sup>15</sup> Липосома. Википедия. — [goo.gl/ofWzCy](http://goo.gl/ofWzCy)



масле, может встраиваться в двухслойные липидные мембраны клеток и митохондрий и действовать как многоазовый антиоксидант.

**Фуллерены могут быть также использованы в фармакологии для создания новых лекарств.** Так, в 2007 году были проведены исследования, показавшие, что эти вещества могут оказаться перспективными для разработки противоаллергических средств.

**Различные производные фуллеренов показали себя эффективными средствами в лечении вируса иммунодефицита человека.** Белок, ответственный за проникновение вируса в кровяные клетки — ВИЧ-1-протеаза — имеет сферическую полость, форма которой остается постоянной при всех мутациях. Ее диаметр почти совпадает с диаметром молекулы фуллерена. Синтезировано производное фуллерена, которое растворимо в воде. Оно блокирует активный центр ВИЧ-протеазы, без которой невозможно образование новой вирусной частицы<sup>16</sup>.

**Особые свойства наноматериалов могут быть использованы для выращивания искусственных органов и тканей.** За рубежом разработана методика восстановления хрящевой ткани, которая имела механические и биохимические свойства, близкие к естественному хрящу.

В России научно-практический задел по этому направлению сделан в области использования наноматериалов для восстановления механических свойств зубной эмали. Ведутся разработки и в области технологии обработки поверхностей методом нанонапыления с целью придания им антибактериальных свойств.

Дальнейшие перспективы работы с фуллеренами направлены на достижение практических результатов по двум направлениям: разработка способов улучшения эксплуатационных характеристик сертифицированных биоматериалов (как для нужд эндопротезирования и имплантации, так и для нужд медицинской технической промышленности) и разработка материалов с принципиально новыми качествами.

**Нанотехнологии в медицине могут быть использованы и используются самым различным образом. Например, для создания нанороботов и нанокomпьютеров<sup>17</sup>.**

Нанотехнологии помогут осуществить **регенерацию клеток** (наноботы или другие устройства могут быть использованы для манипулирования молекулами и атомами на необходимом для регенерации клеток индивидуальном уровне); **бороться с проблемами старения; лечить рак и заболевания сердечно-сосудистой системы** (регенерация поврежденных тканей сердца — это только

---

<sup>16</sup> Фуллерены. Википедия. – [goo.gl/1Svjtf](http://goo.gl/1Svjtf)

<sup>17</sup> 25 способов использования нанотехнологий в медицине. Med88.ru. Федеральный медицинский портал. – <http://med88.ru/stati/4379:25-sposobov-ispolizovaniya-nanotexnologii-e-v-medicine/>



одна возможность; другой вариант — использование наноустройств для очищения артерий от атеросклеротических бляшек и устранения других проблем).

**Ниже приведены другие способы использования нанотехнологий в медицине<sup>18</sup>:**

1. **Имплантация устройств.** Вместо имплантации устройств, которые на сегодняшний день используются в медицине, можно было бы направить наноботы для создания необходимых структур внутри тела.
2. **Виртуальная реальность.** Благодаря использованию инъекций наноботов, врачам легче изучить организм человека. Создание виртуальной реальности может помочь медицинским работникам сделать некоторые операции более «реалистичными».
3. **Доставка лекарств.** Системы для автоматизации доставки лекарств способствуют повышению согласованности между системами организма. При этом обеспечивается лекарствами та система, которая в них нуждается. С помощью нанотехнологий можно программировать системы доставки в человеческие органы определенных лекарственных веществ в нужное время.
4. **Генная терапия.** Нанотехнологии позволяют проникать нанороботам в организм и вносить изменения в геном. Благодаря этому возможно произвести коррекцию генома и в результате вылечить различные генные болезни.
5. **Нанопинцеты.** Эти устройства предназначены для работы наноструктур. Они могут быть использованы для перемещения наноустройства в теле или для размещения их до установки. Нанопинцеты, как правило, построены с использованием нанотрубок.
6. **Стволовые клетки.** Нанотехнологии могут фактически помочь взрослым стволовым клеткам превратиться в любой необходимый тип клеток. Исследования на мышах показывают, что нанотрубки позволяют взрослым стволовым клеткам превратиться в функционирующие нейроны.
7. **Регенерация костей.** Используя нанотехнологии можно ускорить регенерацию костей. Наночастицы имеют различный химический состав, который может помочь соединить кости вместе и даже может помочь в некоторых случаях повреждения спинного мозга.
8. **Визуализация.** Нанотехнологии очень перспективны для использования в области медицинской визуализации, позволяя быстро получить точное специфическое изображение. Наноустройства используются в молекулярной визуализации и приводят к улучшению диагностики различных заболеваний и состояний.
9. **Анализ уровня сахара в крови при сахарном диабете.** Вместо того, чтобы брать кровь для исследования уровня сахара в крови,

---

<sup>18</sup> Там же.

- нанотехнологии предоставляют возможность диабетикам использовать для этого линзы. По изменению цвета можно судить об уровне сахара в крови.
10. **Управление приступами судорог при эпилепсии.** Разрабатываются наночипы, которые способны помочь управлять приступами судорог. Эти чипы предназначены для анализа сигналов мозга, последующего их анализа и выполнения необходимых настроек мозга таким образом, чтобы стало возможно лучше контролировать приступы эпилепсии.
  11. **Обратная сенсорная связь.** Наночипы могут быть полезны людям, которые утратили способность чувствовать свое тело. Для этого наночипы перехватывают электрические импульсы и их интерпретируют.
  12. **Управление протезами.** Протезирование продолжает двигаться вперед. Нанотехнологии дают возможность с помощью мозга управлять протезами. Уже есть некоторые примеры использования наночипов с этой целью.
  13. **Медицинский контроль.** С помощью нанотехнологий можно контролировать состояние различных систем организма. Наночипы, имплантированные в тело, контролируют состояние здоровья и отправляют полученные сведения на компьютер или другое устройство.
  14. **Медицинские отчеты.** В дополнение к мониторингу собственных систем организма, нанотехнологии могут быть использованы для отправки информации поставщикам медицинских услуг, тем самым повышая эффективность электронных медицинских записей.
  15. **Профилактика заболеваний.** Наличие наноустройства в организме способно реально помочь предотвратить различные болезни. При правильном программировании возможно избежать некоторых заболеваний, откорректировать возникшие проблемы раньше, чем они станут серьезными. Наноустройства могут даже помочь предотвратить хронические заболевания.
  16. **Пренатальная диагностика.** Есть несколько способов использования нанотехнологий в пренатальной диагностике. Наноустройства способны проникать внутрь матки и даже внутрь плода, не вызывая повреждений. Кроме этого, они потенциально могут помочь устранить многие проблемы еще в утробе матери.
  17. **Индивидуальная медицина.** Будучи в состоянии точно подстроиться под геном каждого человека в отдельности, нанотехнологии позволят более точно определить надлежащее лечение и настроить план лечения в соответствии с индивидуальными потребностями организма.
  18. **Исследования.** Нанотехнологии позволяют стремительно продвигаться вперед медицинским исследованиям, предоставляя необходимые для этого инструменты, с помощью которых человек узнает новое о строении и функционировании своего организма, а благодаря исследованиям в области физики и химии, нанотехнологии обеспечивают организм строительным материалом.

Перспективной отраслью является **нанохирургия**, в которой можно использовать некоторые лазеры, а также наноустройства, которые могут быть запрограммированы для выполнения некоторых хирургических операций.

Группа исследователей из университета Джона Хопкинса уже создала небольшого робота, который сможет оперировать пациентов изнутри без единого разреза на коже. Миниатюрный робот-хирург получил название Smart Tissue (STAR). Навыки, которыми обладает STAR, могут вызвать зависть даже у самых опытных хирургов. В ходе серии лабораторных испытаний маленький хирург провел серию операций на живых свиньях. Во время экспериментальной операции робот был запрограммирован на создание кишечного анастомоза (соединение участков кишки, что часто требуется при удалении опухолей, некрозах и иных состояниях). Робот справился с задачей: сшивание двух участков тонкого кишечника свиньи прошло успешно. При этом внешних травм животному нанесено не было, так как робот вводится через рот. Стоит упомянуть, что человек все же принимал участие в операции: он поддерживал нить для наложения швов. Но учитывая то, что это лишь первая модель робота, в будущем участия человека в операциях можно будет избежать<sup>19</sup>.

### **Микроскопические лазеры могут остановить распространение раковых клеток внутри тела**

Ученые Владимир Жаров из Университета Арканзаса и Марк Стокман из Государственного университета Джорджии в Атланте предлагают делать больным раком инъекцию пучками крошечных лазеров, которые будут искать и уничтожать так называемые циркулирующие опухолевые клетки (ЦОК). Это клетки, которые вышли из первичной опухоли и которые, если их не остановить, могут поселиться в разных частях тела и превратиться во вторичные раковые образования, которые называются метастазами.

Ученые используют крошечные лазеры (они были разработаны несколько лет назад доктором Стокманом), называемые «спайсерами». Это слово означает поверхностно-плазмонное усиление с помощью стимулирования радиационного излучения. Поверхностные плазмоны представляют собой облака электронов, которые вибрируют над проводящей поверхностью. Спайсеры генерируют их в ответ на стимуляцию внешним источником света.

Красные кровяные тельца имеют диаметр около 7000 нм (нанометров). А спайсеры, созданные двумя исследователями - всего лишь 22 нм. Они состоят из золотого сердечника диаметром 10 нм, окруженного кремниевой оболочкой, покрытой флуоресцентными красителями. Внешняя поверхность этой оболочки покрыта фолиевой кислотой.

Обычный лазер состоит из резонатора (обычно это камера с зеркалами на обоих концах, от которых отскакивает свет) и усиливающего носителя, который

<sup>19</sup> Робот-хирург, которого надо съесть, 11 августа 2017 г. Hi-news.ru. Новости высоких технологий. – <https://hi-news.ru/medicina/robot-xirurg-kotorogo-nado-sest.html>

находится между зеркалами и принимает внешнюю энергию (также часто в виде света), используя ее для усиления света. В спайсах золото действует как резонатор, а диоксид кремния – в качестве усилителя. Вместо усиления света, система усиливает плазмоны, колеблющиеся по поверхности золотой сферы.

Другой ингредиент устройства – фолиевая кислота – выступает с качестве направляющей системы. В отличие от большинства здоровых клеток, раковые клетки обычно покрыты молекулами фолиевой кислоты. Если спайсер входит в контакт с такой клеткой, он имеет тенденцию к прилипанию. Таким образом, если пучок спайсеров вводится человеку с метастазирующим раком, эти спайсеры должны быстро отслеживать ЦОК в кровотоке или лимфатической системе и прилипнуть к ним. Лабораторные исследования показывают, что зачастую десятки спайсеров присоединяются к одной клетке. После прикрепления они быстро поглощаются этой клеткой.

Поглощенные клеткой спайсеры могут использоваться для двух целей: диагностики и ликвидации. Низкоуровневый лазерный свет, которым облучают пациента либо через кожу, либо (чтобы свет глубже проникал внутрь) через волоконно-оптический зонд, побуждает раковые клетки, содержащие спайсеры, ярко сиять, таким образом показывая их местоположение. Применение более мощных лазерных импульсов (на уровне все еще безвредном для человека) превращает спайсеры в «убийц». Это было идеей доктора Жарова. В одном из своих предыдущих исследований он наводил лазер на некоторые клетки меланомы, агрессивной формы рака кожи. Одной из характеристик клеток меланомы является наличие в них частиц меланина, темного пигмента. Эти частицы поглощали лазерный свет, нагревались и как обнаружил ученый, создавали пузырьки пара вокруг себя, которые могли убивать клетки меланомы, в которых они находились.

План исследователей заключался в том, чтобы использовать спайсеры для того, чтобы применить что-то подобное к ЦОК; при этом спайсеры заменяли бы частицы меланина. И это сработало! Внешние лазерные импульсы стимулировали спайсеры для производства плазмонов, которые нагревали окружающую их воду в клетке до температуры более 100°C. Это создало пузырьки пара, внезапное образование которых вызвало ударные волны, которые разорвали в клочья больные клетки.

Для того чтобы использовать этот эффект терапевтически, Жаров и Стокман планируют надеть на запястья пациентов специальные датчики. Такой датчик будет использовать низкоуровневый лазерный свет, чтобы обнаруживать содержащие спайсеры ЦОК, проходящие через кровеносные сосуды. Затем мощный лазер будет быстро активизироваться для уничтожения этих клеток. И если повезет, такой метод поможет удерживать ЦОК от распространения, пока врачи осуществляют лечение первичного новообразования. Затем лечение спайсерами продолжится еще некоторое время, чтобы справиться с оставшимися ЦОК.

Испытания на животных были многообещающими; два исследователя теперь

планируют протестировать систему на людях. Они также пытаются настроить спайсеры, чтобы те реагировали не на свет, который виден, но на инфракрасный. Последний проникает в ткань более глубоко, чем видимый, поэтому чувствительный к инфракрасным излучениям спайсер будет более эффективным.

Насколько хороша системы «убийц» ЦОК – покажет время. Но даже частичная ликвидация ЦОК будет препятствовать метастазированию. И у этого метода имеется перспектива для лечения всех видов рака<sup>20</sup>.

### **Наночастицы серебра убивают бактерии кишечной палочки**

Наночастицы серебра, полученные разными методами, обладают антибактерицидными свойствами.

Эксперименты с наночастицами серебра проводились в различных научно-исследовательских институтах разных стран. Оказалось, что радиационно-синтезированные наночастицы серебра, нанесенные на углеродную ткань или керамические материалы, убивают бактерии кишечной палочки (сегодня на основе этого открытия уже разработаны элементы фильтров для очистки питьевой воды). Не уступают им и наночастицы серебра, синтезированные биохимически.

Применение новых нанокпозиционных материалов на основе органолин, модифицированных наночастицами серебра (полимерных нанокпозиционных), значительно улучшает антибактерицидные свойства медицинских стерильных салфеток, бинтов, лечебных покрытий (пластырей), материалов для специальной защитной одежды. Такие нанокпозиционные материалы применяются для лечения хронических воспалений, открытых ран, экзем. Частицы серебра имеют размеры от 10 до 30 нм в длину. Они убивают до 150 видов бактерий в течение 30 мин. Продолжительность антибактериального действия покрытия – несколько дней.

---

<sup>20</sup> Microscopic lasers may stop tumours spreading around the body. The Economist, Science and Technology, August 31, 2017. <https://www.economist.com/news/science-and-technology/21727891-how-blow-cancer-cells-up-inside-microscopic-lasers-may-stop-tumours>

Добавление полимерных нанокompозитов в лаки и краски придают им высокую бактерицидную биоактивность. На поверхностях, окрашенных такой краской, быстро снижается концентрация бактерий кишечной палочки и легионеллы (возбудителя тяжелого заболевания легких) до полной их гибели в течение не более четырех часов. Такие краски не капают с кисти, быстро высыхают и предохраняют материалы от биодеструкции – гниения и различной порчи. Уникальность этих современных высокотехнологичных материалов – в комплексной пролонгированной фунгицидной и бактерицидной биоактивности<sup>21</sup>.

## **РАЗВИТИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В РОССИИ**

### **Развитие нанотехнологий для нужд окружающей среды в России**

Развитием нанотехнологий для окружающей среды (чистые технологии, энергосбережение, альтернативная энергетика и т.п.), в числе других нанотехнологических проектов, занимаются нанотехнологические центры (например, Зеленоградский, Ульяновский, «Дубна», «СИГМА. Новосибирск»), входящие в состав АО «РОСНАНО», которое содействует реализации госполитики по развитию nanoиндустрии, инвестируя напрямую или через инвестиционные фонды в высокотехнологичные проекты, создающие новые производства на территории России.

**В 2016 году в России группой «РОСНАНО» был презентован первый в России каталог экологически ориентированной продукции компаний nanoиндустрии** – книга «Российские «зеленые» нанотехнологии», подготовленная Фондом инфраструктурных и образовательных программ (ФИОП, входит в Группу РОСНАНО)<sup>22</sup>.

В России для предприятий nanoиндустрии производится разработка «зеленых» стандартов, закрепляющих требования по экологии, энергоэффективности, ресурсосбережению и снижению негативного воздействия на климат, подготовка

---

<sup>21</sup> Абрамян А., Афанасьев М., Солодовников В., Беклемышев В., Махонин И. «Биосовместимые наноматериалы». «Nanoиндустрия», научно-технический журнал, 2007 г. – [http://www.nanoindustry.ru/files/article\\_pdf/2/article\\_2593\\_552.pdf](http://www.nanoindustry.ru/files/article_pdf/2/article_2593_552.pdf)

<sup>22</sup> Состоялась презентация Книги «Российские «зеленые» технологии», 28 апреля 2016 г. РОСНАНО. – <http://www.rusnano.com/about/press-centre/news/20160428-fiop-prezentatsiya-knigi>

и реализация мер по продвижению льгот и преференций для «зеленой» продукции. С 2016 году в системе «Наносертифика» проводится сертификация продукции наноиндустрии по требованиям «зеленых» стандартов.

В планах группы «РОСНАНО» – оценка «зеленых» строительных материалов, в том числе созданных с применением нанотехнологий, на предмет присвоения Российского Знака качества.

**Акционерное общество «РОСНАНО»** было создано в марте 2011 года путем реорганизации государственной корпорации «Российская корпорация нанотехнологий». В число основных направлений инвестирования входят здравоохранение и биотехнологии, энергетика и химия. 100% акций АО «РОСНАНО» находится в собственности государства. Благодаря инвестициям РОСНАНО на данный момент открыто 85 заводов и R&D центра в 30 регионах России.

Функцию управления активами АО «РОСНАНО» выполняет созданное в декабре 2013 года Общество с ограниченной ответственностью «Управляющая компания «РОСНАНО».

Задачи по созданию нанотехнологической инфраструктуры и реализации образовательных программ выполняются **Фондом инфраструктурных и образовательных программ (ФИОП)**, также созданным в результате реорганизации госкорпорации.

Высшим коллегиальным органом управления Фонда является Наблюдательный совет. Согласно уставу Фонда, к компетенции совета, в частности, относятся вопросы определения приоритетных направлений деятельности Фонда, его стратегии и бюджета.

## **Проекты РОСНАНО для медицины и здравоохранения**

РОСНАНО уже утвердило и реализует несколько проектов с применением нанотехнологий, продукция которых может использоваться в медицине и здравоохранении. Вот лишь несколько из таких проектов:

### **- Производство фармпрепаратов с наноносителями из пористого кремния и других наноматериалов.**

Проект предусматривает производство трех групп фармпрепаратов – твердых лекарственных форм с пролонгированным действием, вакцин и органогелей.

Группа твердых лекарственных форм включает препараты для лечения сердечнососудистых заболеваний, противораковые и противовирусные

препараты. Действие известных активных веществ в этих препаратах продлевается за счет их сорбирования на наночастицах пористого кремния.

Эффективность вакцин, в том числе вакцины против гриппа, повышается за счет ее модификации оксидом алюминия.

Мази и гели изготавливаются на основе лецитинового органогеля — это ускоряет транспорт средств для профилактики тромбозов и противовоспалительных средств через кожу.

**- Разработка и вывод на мировой рынок серии лекарственных препаратов на основе наноплатформы нового поколения.**

Целью проекта является создание серии лекарственных препаратов на основе нанотехнологической платформы Medicinal Nanoengineering™, разработанной ведущими учеными Массачусетского технологического института и Гарвардской медицинской школы (США).

В рамках проекта планируется наладить в России полный цикл создания серии лекарственных препаратов для лечения рака и других заболеваний на основе наноплатформы нового поколения, разработанной компанией BIND Biosciences (США) — от этапа разработок до производства и коммерциализации.

**- Разработка и вывод на мировой рынок серии вакцин на основе наноплатформы нового поколения.**

Целью проекта является создание линейки инновационных продуктов, представляющих широкий спектр терапевтических применений, распространяющийся на онкологические заболевания, аутоиммунные и инфекционные заболевания, а также разные типы зависимостей.

Основным продуктом, который планирует разрабатывать в России компания «Селекта (РУС)», будет эффективная вакцина для лечения никотиновой зависимости. Кроме того, компания будет принимать участие в программах разработки других инновационных продуктов, в том числе универсальной вакцины против вируса папилломы человека и универсальной вакцины против гриппа.

**- Создание универсального GMP-предприятия полного цикла по разработке и производству оригинальных инновационных нанопрепаратов, включая новые средства доставки.**

Целью проекта является создание производства, направленного на обеспечение российского рынка двумя фармпрепаратами «Ниармедик Плюс» — оригинального противовирусного препарата «Кагоцел®» и биопластического коллагенового материала «Коллост™».



«Кагоцел» вызывает образование в организме человека интерферонов, обладающих высокой противовирусной активностью, и успешно используется для лечения и профилактики гриппа, других ОРВИ, а также герпесвирусной инфекции.

Коллост™ — инновационный отечественный биопластический материал на основе нативного нереконструированного бычьего коллагена с полностью сохраненной структурой. Материал характеризуется высокими показателями стабильности и является матрицей для направленной тканевой регенерации. Коллост применяется в различных областях медицины.

**- Разработка и организация производства онкологических лекарственных препаратов на основе наноформуляций молекулярных модуляторов клеточного стресса.**

Целью проекта является разработка ряда перспективных препаратов, начиная со стадии доклинических исследований. Все препараты, разработанные под руководством доктора биологических наук, директора по науке компании Cleveland BioLabs и старшего вице-президента по фундаментальным исследованиям Онкологического института им. Розвелла Парка Андрея Гудкова, используют новые, до сих пор не применявшиеся методы борьбы с раком.

**- Создание в России производства лекарственных препаратов класса BioBetter на основе биodeградируемых нанокompозитных материалов.**

Проект предусматривает разработку, производство и внедрение девяти лекарственных препаратов, использующих нанокompозитные материалы.

**- Лекарства на основе трансдермальной технологии доставки и биополимерных имплантатов.**

Целью проекта является расширение производства наноструктурированных биополимерных имплантатов и вывод на рынок систем трансдермальной доставки лекарств для борьбы с социально значимыми заболеваниями.

В рамках проекта будет создано производство пластырей для трансдермальной доставки лекарственных веществ (через кожу). Предполагается, что на рынок будут выведены трансдермальные формы инсулина, пропранолола, ацетилсалициловой кислоты, хлорпроамида, лидокаина, кофеина, тестостерона и ацизола.

Благодаря комфортному введению лекарств, трансдермальные технологии окажут серьезную конкуренцию традиционным инъекциям. Это особенно актуально для лечения хронических болезней с пожизненной привязкой

пациентов к приему лекарственных средств, многие из которых в настоящее время доступны только в форме инъекций.

**- Строительство завода по производству нановакцин и терапевтических биопрепаратов.**

Проект предусматривает создание фармацевтического производства на базе новой технологии, позволяющей получать вакцины и лекарства на основе псевдоаденовирусных наночастиц и специальных наноструктур.

В рамках проекта планируется создание двух вакцин против гриппа человека и гриппа птиц, трех биопрепаратов для лечения токсических состояний в онкологии, активации иммунитета и усиления действия антибактериальных и противовирусных препаратов, а также ишемии нижних конечностей и бокового амиотрофического склероза.

**- Создание производства микроисточников, микросфер и комплектов для проведения процедур брахитерапии.**

Брахитерапия — это метод лечения больных со злокачественными образованиями, представляющий собой вид радиотерапии, когда источник излучения вводится внутрь пораженного органа. При этом максимальная доза радиации доставляется непосредственно в опухоль без поражения прилегающих тканей и органов.

В рамках проекта планируется создание отечественного производства микроисточников на основе йода-125 и имплантируемого медицинского средства на основе наноструктурированных микросфер для лечения рака простаты, печени и поджелудочной железы<sup>23</sup>.

**Простой способ нейтрализации фосфорорганических соединений**

Российские ученые создали простой и высокоэффективный способ нейтрализации фосфорорганических соединений — основы большей части боевых отравляющих веществ. Противоядие с помощью нанотранспортера удается доставить непосредственно к месту действия яда и химически заблокировать его<sup>24</sup>.

<sup>23</sup> Проекты РОСНАНО для медицины и здравоохранения. Сайт Российской национальной нанотехнологической сети. –

[http://www.rusnanonet.ru/nanoindustry/medicine/nanomedicine/medicine\\_rosnano/](http://www.rusnanonet.ru/nanoindustry/medicine/nanomedicine/medicine_rosnano/)

<sup>24</sup> Обмануть иммунную систему и не отравиться. Алексей Паевский, Газета Коммерсантъ, 5 апреля 2017 г. <https://www.kommersant.ru/doc/3279929>

Начало этой истории нужно отнести к 1938 году, когда два немецких химика из крупного концерна IG Farben пытались получить эффективный пестицид, но создали боевое отравляющее фосфорорганическое вещество зарин. Оно и поныне часто используется террористами — достаточно вспомнить трагические события в токийском метро. Формула была немедленно передана в вермахт, и появились еще три печально известных вещества G-серии: зоман, циклозарин и табун.

Так появились первые фосфорорганические боевые отравляющие вещества. Уже после войны в Британии и СССР были созданы самые совершенные убийцы той же группы — нервно-паралитические газы VX и VR. Совсем недавно название VX снова всплыло на лентах новостей: именно им был отравлен брат Ким Чен Ына, Ким Ен Нам. Впрочем, пестициды на основе фосфорорганики тоже делали и делают — и они тоже представляют собой большую опасность.

Как же действуют эти вещества?

Здесь нужно немного рассказать, как передается сигнал от нейрона к нейрону. В месте соединения двух нейронов существует так называемый синапс, электрический сигнал через который передается химическим путем: нейрон-передатчик выпускает в синаптическую щель нейромедиаторы (например, всем известные дофамин или серотонин), они связываются с рецепторами на нейроне-приемнике — и сигнал бежит дальше. В двигательных нервах таким нейромедиатором является ацетилхолин. Избыток ацетилхолина гидролизуется ферментом ацетилхолинэстеразой — нельзя, чтобы нервный импульс шел бесконечно.

Вот на этот-то фермент и действуют фосфорорганические отравляющие вещества. Они блокируют работу ацетилхолинэстеразы, что приводит к параличу.

Антидоты к ним начали разрабатывать давно. И успехи были, но, к сожалению, эти противоядия не гарантировали стопроцентный результат и требовали высокой дозы.

Ученые из МГУ под руководством энзимолога Елены Ефременко получили фермент органофосфатагидролазу, который очень эффективно блокирует действие нервно-паралитических ядов, но у него есть два серьезных недостатка. Первый из них связан с тем, что эта гидролаза — бактериальный фермент и воспринимается иммунной системой как чужеродное вещество, вызывая иммунный ответ, ослабляющий действие антидота. Более того, она сама по себе быстро выводится из организма. Второй — сама по себе органофосфатагидролаза не очень стабильна и способна разложиться всего за месяц при нулевой температуре.

И здесь на помощь пришла еще одна разработка российского ученого, химика из МГУ, уехавшего работать в Университет Северной Каролины и Университет Небраски, Александра Кабанова.

В 2010 году он совместно с профессором МГУ Натальей Клячко получил мегагрант и создал лабораторию по улучшению уже разработанных им так называемых нанозимов — наноразмерных полимерных мицелл, «транспортных емкостей» для доставки ферментов

(энзимов) в мозг для лечения инсультов, болезни Паркинсона и других болезней.

Оказалось, что такие нанозимы, получающиеся самосборкой под действием электростатического взаимодействия фермента и полимера — идеальная оболочка для органофосфатагидролазы. Нанозимы позволяют транспортировать фермент к месту действия яда, «обманывая» иммунную систему. Кроме того, как оказалось, сама по себе нанозимная оболочка намного увеличивает срок хранения антидота — новый «упакованный» фермент прекрасно живет до трех лет.

Эксперименты уже подтвердили эффективность противоядия. Конечно же, на мышах. Животным вводили смертельную дозу VX или пестицида пароксона, а перед тем или сразу после вводили антидот. Выжили все животные, которым ввели пестицид, и 80% отравленных VX. В контрольной группе, разумеется, все животные погибли.

Оригинальное исследование опубликовано в Journal of Controlled Release под названием «Простой и высокоэффективный каталитический нанозимный нейтрализатор фосфорорганических нейротоксинов».

Нанозимный нейтрализатор фосфорорганических нейротоксинов может спасти сотни тысяч людей, которые ежегодно умирают в мире от отравления пестицидами: нанозимы с ферментом лучше всего действуют после превентивного введения. А значит, их можно применять в качестве профилактического средства химической защиты.

## **Партнерство и сотрудничество стран СНГ в сфере нанотехнологий**

17–18 декабря 2009 г. в Дубне на форуме «Международный инновационный центр нанотехнологий СНГ — статус и перспективы» был учрежден **Международный инновационный центр нанотехнологий СНГ (МИЦНТ СНГ)**.<sup>25</sup>

Его учредителями являются 12 организаций из восьми стран СНГ, включая академии наук, научные центры, университеты и бизнес-структуры. Так, например, в состав учредителей входят **Национальные академии наук Украины, Армении, Кыргызской Республики, Республики Таджикистан, Бакинский Государственный Университет, Институт ядерной физики Национального ядерного центра Республики Казахстан, Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по материаловедению и другие.**

---

<sup>25</sup> Сайт МИЦНТ СНГ. – <http://ininc.jinr.ru/>

МИЦНТ СНГ - это инструмент интеграции инновационной деятельности в международную глобальную систему с привлечением государств, являющихся участниками и партнерами Объединенного института ядерных исследований.

МИЦНТ СНГ будет осуществлять свою деятельность по коммерциализации технологий через организацию Технологических Инновационных Альянсов (ТИА), которые создаются как инновационные цепочки из исследовательских организаций, университетов, коммерческих предприятий стран СНГ.

В марте 2015 года на территории Кыргызской Республики была создана первая инновационная инфраструктурная компания — **ОсОО «Центр внедрения инноваций в Центральной Азии» (ЦВИЦА)**, при участии нанотехнологического центра ООО «Сигма Новосибирск» (Российская Федерация).<sup>26</sup>

Центр создан в целях реализации меморандума о сотрудничестве и взаимодействии между Правительством Кыргызской Республики, ОАО «Роснано» и Фондом инфраструктурных и образовательных программ от 19 июня 2014 г.

#### **Основная деятельность ЦВИЦА:**

- оказание содействия в создании системы продаж нанотехнологической продукции на территории Кыргызской Республики и стран Центральной Азии,
- обеспечение трансфера технологий из Российской Федерации в Кыргызскую Республику с целью развития производства инновационной, в том числе нанотехнологической продукции на территории республики.

#### **Кроме того, ЦВИЦА призвана осуществлять следующее::**

- Реализацию пилотных проектов по внедрению нанотехнологической продукции.
- Размещение инновационных производств.
- Реализацию образовательных программ.
- Нормативно-техническое обеспечение применения нанопродукции.
- Популяризация нанотехнологий.

## **РАЗВИТИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В КАЗАХСТАНЕ И СТРАНАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ**

### **Развитие нанотехнологий в Республике Казахстан**

---

<sup>26</sup> Сайт Центра внедрения инноваций в Центральной Азии. – [http://ca-innovation.org/o\\_nas/](http://ca-innovation.org/o_nas/)

В Казахстане нет специального закона, регулирующего вопросы нанотехнологий, однако имеется ряд программ, в которых они определены (например, Концепция инновационного развития Республики Казахстан до 2020 года; Государственная программа по форсированному индустриально-инновационному развитию Республики Казахстан на 2010-2014 гг. (с внесенными изменениями)). Так, в Программе говорится о том, что индустриально-инновационная политика Казахстана «должна отвечать ряду основополагающих требований третьей индустриальной революции, которые, в частности, включают развитие новых материалов, таких, как композитные материалы, нанотехнологии, имеющих совершенно иные возможности для производства и обладающих рядом преимущественных качеств (высокая прочность, легкость, универсальность, более низкая стоимость)»<sup>27</sup>.

В стране созданы 5 институтов развития и 9 технопарков. В регионах страны открыты 5 национальных научных и 15 университетских лабораторий инженерного профиля по приоритетным направлениям научно-технологического развития, включая развитие нанотехнологий. В их числе – национальная нанотехнологическая лаборатория на базе КазНУ имени аль-Фараби; лаборатории Физико-технического института (ФТИ), КазНТУ имени К.Сатпаева, лаборатория нанотехнологий Казахстанско-Британского Технического университета, АО «Центр наук о Земле, металлургии и обогащения» (все – в г. Алматы); лаборатории инженерного профиля при Таразском государственном университете (ТарГУ) им. М. Дулати (г. Тараз), Южно-Казахстанском Государственном университете (ЮКГУ) имени М.Ауэзова (г. Шымкент); Восточно-Казахстанском государственном техническом университете (ВКГТУ) имени Д.Серикбаева, а также Национальная научная лаборатория при Восточно-Казахстанском государственном университете имени С. Аманжолова (обе – в г. Усть-Каменогорске).

Различными проектами по нанотехнологиям занимается **Центр физико-химических методов исследования и анализа Казахского национального университета им. аль-Фараби** (Алматы). Так, в 2010-2012 гг. Центр занимался разработкой научных основ новых технологий и созданием перспективных материалов различного функционального назначения.

---

<sup>27</sup> «О внесении изменений и дополнений в Указ Президента Республики Казахстан от 19 марта 2010 года № 958 «О Государственной программе по форсированному индустриально-инновационному развитию Республики Казахстан на 2010 - 2014 годы и признании утратившими силу некоторых указов Президента Республики Казахстан». Указ Президента Республики Казахстан от 1 августа 2013 года № 607. Адилет, полный электронный свод нормативных правовых актов Республики Казахстан. – <http://adilet.zan.kz/rus/docs/U1300000607>

В **ФТИ** выполняются фундаментальные и прикладные исследования в области водородных технологий и возобновляемых источников энергии с использованием нанотехнологий.

**В Национальной нанотехнологической лаборатории открытого типа на базе КазНУ им. аль-Фараби**, которая была открыта 4 июня 2008 года, занимаются фундаментальными и прикладными исследованиями в области нанонауки и нанотехнологии, наноинженерии и наноматериаловедения, а также созданием новой техники, технологий и наноматериалов с использованием различных физических, химических и биологических процессов.

Эксперты считают, что сфере нанотехнологий в Казахстане следует найти свое место в международном разделении труда, не вступая в конкуренцию на заведомо проигрышных направлениях, получивших развитие в других странах. Наступление по всему фронту исследований лишено смысла. Необходимо концентрировать усилия на прорывных направлениях, базирующихся на достижениях отечественных научных школ. В Казахстане есть научные коллективы, занимающиеся проведением исследований в области нанотехнологий и смежных дисциплин (это, например, исследования в области нанокластеров и наноструктур полупроводниковых и металлических систем, разработки в области наноразмерных катализаторов, сенсорных наноструктурных материалов и углеродных наноструктур)<sup>28</sup>.

Начиная с 2003 года, исследования наноструктур проводятся по программе фундаментальных исследований МОН РК. С 2006 года прикладные исследования по наноматериалам и нанотехнологиям финансируются Министерством индустрии и новых технологий. Одно из таких направлений исследований связано с физической химией полимеров.

Руководитель отечественной нанотехнологической школы профессор Григорий Мун и его ученик Валерий Хуторянский, работающий в Англии, занимают две первые позиции в мировом рейтинге Institute of Scientific Information (СИИ) среди ученых в области интерполимерных комплексов, на основе которых развивается отечественная нанотехнология, создавшая, в частности, принципы функционирования нанороботов медицинского назначения<sup>29</sup>.

---

<sup>28</sup> Китайгородцева Т. Наноматериалы и нанотехнологии в Казахстане, 17 января 2013 г. G-Global, Международная виртуальная площадка при Астанинском экономическом форуме. – [group-global.org/ru/node/3186](http://group-global.org/ru/node/3186)

<sup>29</sup> Аманжол И. Нанотехнология в Казахстане: PR-акция или спасательный круг для экономики? // Деловая неделя, 13 ноября 2009 г. – [goo.gl/8i7bp7](http://goo.gl/8i7bp7)

С помощью нанотехнологий ученые **лаборатории структуры и регуляции ферментов Института молекулярной биологии и биохимии им. М.А. Айтхожина** (г. Алматы) разработали универсальные нанокапсулы из фосфатидилинозитола и создали трансдермальные формы, включающие это новое средство доставки лекарственных веществ.

Нанокапсулы – микроскопические (менее микрона) полые сферические контейнеры, содержащие жидкую среду, в которой растворено действующее вещество. Его высвобождение происходит при контакте нанокапсулы с мембранами клеток. Действие препарата, заключенного в нанокапсулу, продолжительнее и нацелено исключительно на определенный орган или ткань. При этом существенно улучшается биодоступность препарата, что обуславливает его высокую терапевтическую эффективность при меньших дозировках.

Ранее системы транспорта лекарств изготавливались из лецитина или пластика (и те, и другие обладают рядом серьезнейших недостатков – например, лецитиновые липосомы, попадая в организм, легко слипаются, вызывая тромбоз капилляров и сосудов; пластиковые же нанокапсулы, напротив, чрезвычайно стабильны и поэтому препарат в течение долгого времени не высвобождается; кроме того, пластиковые наноносители провоцируют иммунные и аллергические реакции, так как изготовлены из чужеродного небиологического материала).

Казахстанские же ученые использовали для изготовления капсул ранее не применявшийся для этих целей фосфатидилинозитол (фосфолипид мозга, играет существенную роль в функционировании клеточных мембран нейронов мозга и участвует в сигнальных механизмах) и разработали уникальную методику получения этого фосфолипида из зерна пшеницы (методика запатентована в США, Венгрии и других странах).

По словам руководителя лаборатории, академика НАН РК, профессора М. Гильманова, технология нанокапсульной доставки лекарств позволяет в десятки и сотни раз снизить дозировку препарата, а значит, уменьшить системные побочные реакции и токсичность при высокой результативности терапии. Это позволяет повысить эффективность и существенно снизить сроки лечения тяжелых заболеваний<sup>30</sup>.

Исследования в области нанотехнологий начали проводиться в Казахстане еще в 1995 году. Тогда нанотехнология сверхизмельчения, уникальные мельницы-механоактиваторы и продукция в виде нанодисперсных и наноструктурных

---

<sup>30</sup> «Нанотехнологии в фармакологии», 26 сентября 2006 года. Сайт Межгосударственной комиссии по стандартизации, регистрации и контролю качества лекарственных средств, изделий медицинского назначения и межотраслевой техники государств-участников Содружества Независимых Государств. – <http://www.pharm-cis.com/?id=2584>



порошков были представлены в г. Усть-Каменогорске. Нанотехнология сверхизмельчения не имеет мировых аналогов. Ее можно использовать, в частности при переработке зерна с целью получения муки (пшеничной, ржаной, кукурузной и т.п.). Нанотехнология «SB: Сверхизмельчение Башкирцева» дает возможность перерабатывать цельное зерно в цельносмолотую наноструктурированную муку моментального приготовления с целебными свойствами. В сверхизмельченных, цельносмолотых с оболочками зернах крахмал целиком трансформируется в растворимые формы, сохраняется полноценный набор пищевых волокон, минеральных веществ (фосфор, калий, магний, кальций, железо, медь, цинк и др.) и витаминов (групп В, С, РР Е, В-каротина, провитамины А). В результате обработки по технологии сверхизмельчения продукт сразу же на 100% полностью усваивается организмом человека без дополнительного приготовления<sup>31</sup>.

В Усть-Каменогорске для эффективной реализации нанопроектов на базе Восточно-Казахстанского государственного технического университета (ВКГТУ) имени Д. Серикбаева совместно с признанными в мире лидерами, японскими фирмами JEOL и Interactive Corporation, создан учебно-научно-консультационный и сервисный центр по электронной микроскопии и нанотехнологиям.

Проекты ученых университета включают и получение полупроводниковых материалов для солнечной энергетики.

В Усть-Каменогорске в рамках госпрограммы «30 корпоративных лидеров» реализуется проект по созданию высокочастотных порошков из тантала. Неприметные крупинки, обработанные специальным методом, позволяют создать в одном грамме вещества свыше 4 кв. метров поверхности. В результате колоссальная емкость в единице массы гарантирована. Специальные методы, используемые в технологическом цикле, обеспечивают длительное сохранение заряда при работе конденсатора в электрической схеме. Из 0,5 граммов высокочастотного танталового порошка с наноструктурой можно создать конденсатор, который накопит такой же электрический заряд, как условная сфера с диаметром, равным диаметру Земли. Это позволяет использовать порошки при производстве сверхминиатюрных конденсаторов, которые не только отвечают требованиям современной электроники, но и уменьшают расход тантала, который является весьма дорогим металлом. Срок службы таких электролитических конденсаторов на его основе превышает 12 лет. Жаропрочность, пластичность, сверхвысокая устойчивость к коррозии делают их востребованными в ряде отраслей, включая и медицину<sup>32</sup>.

---

<sup>31</sup> Ученый из Усть-Каменогорска создал растительный нанопорошок, способствующий самооздоровлению человека, 29 августа 2017 г. AltayNews. – <https://altaynews.kz/archives/47211>

<sup>32</sup> Проведение форсайтных исследований для определения приоритетов научно-технического развития на 2008-2010 годы (заключительный отчет). Отчет о научно-исследовательской работе. ВКГУ им. С. Аманжолова, 2010.

## **Эксперты отмечают и слабые стороны в развитии нанотехнологий в Казахстане, в частности, следующие:**

- отсутствует традиция по созданию и развитию нанотехнологии;
- нет Координирующего Центра для реализации государственной политики в сфере нанотехнологий, развития инновационной инфраструктуры в сфере нанотехнологий, реализации проектов создания перспективных нанотехнологий и nanoиндустрии;
- недостаточное финансирование научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработок в области нанотехнологий;
- отсутствие долгосрочных научно-технических программ; лаборатории практически не обеспечены современным технологическим оборудованием для получения наноматериалов;
- дефицит квалифицированных кадров для обеспечения отрасли; нет постоянно действующих масштабных нанотехнологических форумов и конференций мирового уровня;
- низкий уровень информационного обеспечения по вопросам нанотехнологий, отсутствие информации на государственном языке;
- низкая доля производства высокотехнологичных и наукоемких видов продукции<sup>33</sup>.

В настоящее время принимаются меры по стимулированию создания центров коммерциализации и инновационно-производственных предприятий в вузах и научных организациях с целью развития тесных связей отечественной науки с производством.

Однако в условиях перехода экономики на инновационный путь развития наблюдается всё еще слабый интерес промышленных предприятий к научным разработкам в области нанотехнологий. В результате потребность отечественного рынка в нанотехнологической продукции во многих социально значимых сферах (агрокомплекс, медицина, энергетика, экология, ЖКХ и др.) значительно (в десятки раз) превышает объемы ее реального производства<sup>34</sup>.

Для успешной коммерциализации технологий научным центрам надо решать задачи и проблемы, поставленные бизнесом и промышленными предприятиями, которые однако в настоящее время пока слабо заинтересованы в научных разработках ученых.

Ускорение решения задач по развитию в Казахстане работ в области нанотехнологий и наноматериалов и освоение достигнутых результатов

---

<sup>33</sup> Ерболатулы Д. Состояние и перспективы развития нанотехнологий в Казахстане. В сборнике материалов с конференции «Вклад молодых исследователей в индустриально-инновационное развитие Казахстана». Усть-Каменогорск, 2011 год. – <https://articlekz.com/article/6667>

<sup>34</sup> Там же.

промышленностью возможно только при наличии масштабной государственной поддержки в нормативно-правовой, финансовой, организационной и кадровой сферах.

## **Развитие нанотехнологий в Республике Узбекистан**

Исследования в сфере нанотехнологий определены в числе приоритетных направлений развития науки и технологий Республики Узбекистан на период 2012–2020 гг. Направление по развитию методов создания технологий и устройств на основе нанотехнологий также включено в перечень Государственных научно-технических программ прикладных исследований.

Учеными Республики используется опыт Южной Кореи, которая изначально не обладала разработками в области нанотехнологий, но за короткий промежуток времени вышла в число лидеров мирового нанорынка.

**Деятельность в сфере нанотехнологий, согласно разработанной Академией наук Республики Узбекистан специальной программе, ведется в следующих научных учреждениях:**

- Отделе тепловой физики, Институтах химии и физики полимеров, ядерной физики, общей и неорганической химии Академии наук Республики Узбекистан;

- Научно-технологическом комплексе «Фан ва тараккиёт» Ташкентского государственного технического университета и других учреждениях.

При Отделе теплофизики Академии наук Республики Узбекистан в 2004 году был создан **Научно-исследовательский центр структурных отображений**, специализирующийся на изучении свойств наноматериалов.

Центр оборудован уникальным в Центральной Азии электронным просвечивающим микроскопом, который позволяет получать изображение отдельных атомов и молекул, наблюдать процессы происходящие в наносистемах.

Одна из проблем, над которой ученые Центра структурных отображений работают совместно с зарубежными учеными – это проблема хранения водорода в наноразмерных полостях, образуемых молекулами воды. Поскольку водородная энергетика в настоящее время рассматривается как альтернативная, возобновляемая энергетика, решение этой проблемы является очень важным.

**В лаборатории многофазных систем Академии наук Республики Узбекистан** разрабатываются новые материалы, основанные на научных

разработках в области нанотехнологий которые были получены учеными Отдела теплофизики.

Например, в сельском хозяйстве используется новый раствор для обработки растений против вредных насекомых (тля, клопы). В лаборатории нашли компоненты, которые позволяют напрямую соединить ионы серы с ионами кальция. В результате получен новый материал, который обладает повышенной эффективностью.

**Ученые лаборатории многофазных систем разработали противопожарный теплоноситель-антифриз «Согда»,** который успешно прошел испытания и используется при близком тушении пожаров .

Этот комплекс заинтересовал специалистов из МЧС России. Стекаемый тонким слоем по панелям комплекса теплоноситель не дает нагреваться металлу и позволяет пожарному приближаться максимльно близко к очагу возгорания <sup>35</sup>.

**Институт химии и физики полимеров Академии наук Республики Узбекистан разработал препарат «Узхитан», получаемый из куколки шелковичного червя.** Это экологически чистая и эффективная продукция. Разрешен Госхимкомиссией для капсулирования семян с/х культур.

После обработки растений препаратом «Узхитан» в несколько раз выросла продуктивность, всхожесть семян, стойкость к заболеваниям, вредителям и сложным климатическим условиям. Средство считается безвредным для окружающей среды. В настоящее время данный препарат эффективно применяется также в пищевой промышленности и медицине.

Важным открытием Института является созданное на основе полимерных систем **средство «Полидеф» (полимерная форма хлората магния на основе местного сырья),** необходимое для выращивания хлопчатника и не приводящее к засыханию нераскрытых коробочек хлопчатника <sup>36</sup>.

Прикладными нанотехнологиями интенсивно занимается **научная группа специалистов лаборатории междисциплинарных технологий Института ядерной физики Академии наук РУз,** который был реорганизован в 2016 году и вошел в состав физического факультета Национального университета РУз им. Мирзо Улугбека.

---

<sup>35</sup> А. Африн. УзНАНО в руках молодых. Нано-технологии в Узбекистане. Документальный фильм // Youtube. – 11 октября 2015. – <https://www.youtube.com/watch?v=d943SEljSNc>

<sup>36</sup> Ташпулатова М., Джураева Д. Нанотехнологии – новое направление развития в промышленности Узбекистана // Молодой ученый. – 2016. – №8.6. – с. 18-20. – <https://moluch.ru/archive/112/28610/>

Небольшая группа из семи человек активно сотрудничает с учеными из университетов Германии, Австралии, Южной Кореи, Чехии и России.

В лаборатории междисциплинарных технологий разработаны и запатентованы методы получения наночастиц различных химических элементов, что позволяет использовать их на практике.

Так, синтезируемые по технологии специалистов лаборатории наночастицы серебра добавляются в ряд производимых в Ташкенте товаров гигиенического назначения (туалетное мыло, ополаскиватели для полости рта и др.). Как известно, серебро является безопасным и самым мощным для организма человека натуральным антисептиком, подавляющим более 700 видов болезнетворных микроорганизмов. Добавление наночастиц серебра придает продукции дополнительные бактерицидные и лечебные свойства.

ООО «Policotton-patrokl», применяя технологии, разработанные в Институте химии и физики полимеров Академии наук РУз, выпускает под торговым брендом «SilverteX» носки, нижнее и постельное белье, обработанное наночастицами серебра <sup>37</sup>.

Получаемые учеными лаборатории междисциплинарных технологий наночастицы меди и цинка используются в некоторых моющих средствах, производимых в республике, а наноуглеродные материалы — в выпускаемых системах обеззараживания воды.

В настоящее время научные исследования ведутся по нескольким направлениям. В их числе очистка природного газа от сероводорода с использованием наночастиц меди.

На основе созданного в 2016 году нанокompозитного катионита впервые в Узбекистане на базе лаборатории изготовлен образец системы химводоподготовки <sup>38</sup>.

## **Развитие нанотехнологий в Кыргызской Республике**

**Совет по развитию нанотехнологий** был создан постановлением правительства Кыргызской Республики в 2007 году.

---

<sup>37</sup> В Узбекистане начали производство текстиля, обладающего целебными свойствами // Подробно.uz. – 1 апреля 2014 г. – <http://podrobno.uz/cat/tehnp/uzbekistan-celebni-tekstil/>

<sup>38</sup> Хайдаров Р. Нанотехнологии – фактор развития // Народное слово online. – 8 ноября 2016 г. – <http://www.narodnoeslovo.uz/index.php/homepage/i-tisodijot/item/8098-nanotekhnologii-faktor-razvitiya>

**В Кыргызстане исследования в области нанотехнологий проводятся в пяти учреждениях:** Кыргызском национальном университете им. Ж.Баласагына, Кыргызско-Российском Славянском университете им.Б.Ельцина, Кыргызской государственной медицинской академии им.И.Ахунбаева, Кыргызском государственном университете строительства, транспорта и архитектуры им.Н.Исанова и Национальной Академии наук КР.

Нанотехнологические исследования в стране проводятся в областях медицины и инженерии.

Ученые Кыргызской Республики получили 7 патентов по синтезу наноматериалов.

Это, например, патент на технологию получения диоксида титана — катализатора разложения воды с целью получения водородного топлива.

Имеется патент по получению фуллеренов — углеродных наноструктур, которые могут использоваться для получения качественно новых видов медицинских препаратов, разработок для технологий альтернативной энергетики, электроники и минимизации компьютерных чипов и деталей.

Ученые КР работают над технологией изготовления пленки нанокристаллического кремния, который может использоваться в солнечной энергетике.

## **Развитие нанотехнологий в Республике Таджикистан**

**Отдел нанотехнологий создан при Физико-техническом институте имени С.Умарова АН РТ в 2007 году.**

Таджикские ученые сотрудничают со своими российскими коллегами, в том числе, сотрудниками Института кристаллографии имени Шубникова, Объединенного института ядерных исследований (г.Дубна).

## **Информирование общественности о нанотехнологических проектах в странах Центральной Азии**

Следует отметить, что пока мало общедоступной информации о нанотехнологических проектах в странах Центральной Азии. В Интернете пока нет единого портала, на котором можно было бы найти систематизированную информацию о подобных проектах.

Прекрасным источником информации о развитии нанотехнологий в России является ее **Федеральный Интернет-портал «Нанотехнологии и наноматериалы»**, на котором публикуются официальные документы, новости, информация об исследованиях и разработках и т.п.<sup>39</sup>

Чрезвычайно информативным является **NanoNewsNet.ru**, самый большой агрегатор научно-популярных новостей в России, некоммерческое on-line издание, основанное в 2004 г. Главными направлениями его работы являются информационно-аналитическая и просветительская деятельность в области наноиндустрии.

## **Отношение общества к нанотехнологиям: «за» и «против»**

### **Прогресс в области нанотехнологий вызвал определенный общественный резонанс.**

Юристов, например, беспокоят законодательные вопросы, связанные с разработкой и применением наноматериалов, создание системы оценки перспектив внедрения нанотехнологий. Медицинские работники опасаются потенциального появления новых заболеваний, связанных с проникновением наночастиц в организм человека, а также задаются вопросами, токсичны ли наночастицы, как они способны повлиять на генетический аппарат человека, животных и растений. Специалисты по безопасности думают об опасности нанотерроризма и нановойне, экологи – об утилизации nanoотходов, их токсичности и т.п.

Социальные последствия развития нанотехнологий изучает организованная Center for Responsible Nanotechnology (CRN) в 2005 году международная рабочая группа.

Правительства многих стран в наше время организуют специальные конференции и выделяют значительные суммы на изучение влияния нанотехнологий на окружающую среду.

Ученые проводят исследование поведения наночастиц в атмосфере и последствия их вдыхания человеком. Параллель опасений очевидна: микрочастицы обычных промышленных веществ вызывают заболевания легких: антракоз, силикоз, асбестоз, гранулему. Не станут ли столь же опасны nanoэлементы?

---

<sup>39</sup> Нанотехнологии и наноматериалы. Федеральный Интернет-портал. – <http://www.portalnano.ru/>



В 2006 году на конференции «Нанотехнологии 2006: токсичность наночастиц» ученые из Мичиганского университета представили результаты своих работ. В результате опытов над лабораторными грызунами была выявлена высокая чувствительность клеток эпителия дыхательной системы к наночастицам, которые накапливались в носовых путях подопытных животных, вызывая риниты и другие, более тяжелые заболевания.

Вдыхание переносимых по воздуху наночастиц и нановолокон может приводить к ряду легочных заболеваний, например, фиброзу.

Исследование, проведенное группой ученых под руководством Кена Дональдсона из MRC / University of Edinburgh Center for Inflammation Research, отслеживало кратковременные эффекты от различных видов углеродных нанотрубок и асбестовых волокон, вводимых в брюшину подопытных животных, вблизи мезотелия, ткани, окружающей легкие и другие органы. Некоторые виды асбестовых волокон, после вдыхания, как правило, мигрируют в мезотелий. Более длинные нанотрубки вызвали образование гранулем, клеточных изменений на ранних стадиях, которые, в конечном итоге, могут привести к раку<sup>40</sup>.

Ряд ученых, однако, пришел к выводу, что создание наноматериалов представляет меньший риск, чем текущие промышленные процессы. Так, три года назад группой западных ученых было проведено исследование о риске для окружающей среды пяти основных типов наноматериалов, включая нанотрубки, квантовые точки и бакиболы, результаты которого опубликованы в выпуске журнала *Environmental Science and Technology* за ноябрь 2008. Исследователи определяли различные типы рисков загрязнения для разных технологических операций, включая производство лекарств, очистку нефти.

Ученые из университета Пердью (Purdue University) в США пришли к выводу, что наночастицы, попадающие в почву не причинят экосистеме никакого заметного вреда. Был проведен ряд опытов, в которых фуллерены (каркасные сферические многогранники, составленные из правильных пяти- и шестиугольников с атомами углерода в вершинах) помещали в различные виды почв и затем исследовали их поведение и их влияние на микроорганизмы и минеральные вещества. Результаты наблюдений не показали никакой негативной динамики.

Другой проблемой является исследование поведения наночастиц в воде. На данный момент этот вопрос разработан слабо. Вопрос сложен тем, что необходимы комплексные исследования по поводу способности каждого из видов грунтов или искусственных фильтров задерживать те или иные наночастицы. Данным вопросом занимаются в настоящее время ученые из Технологического института Джорджии (Georgia Institute of Technology). Ими проводилась серия опытов, в ходе которых через колбы, заполненные песком, грунтом, микрогранулами стекла и иными материалами пропускалась вода, содержащая

---

<sup>40</sup> Rick Weiss. Effects of Nanotubes May Lead to Cancer, Study Says. Washington Post, May 21, 2008. - [goo.gl/KBx2Tz](http://goo.gl/KBx2Tz)



фуллерены. Выяснилось, что песок задерживает до 80% наночастиц, однако ученые также пришли к выводу, что на фильтрацию влияет состав воды. Наличие в воде гуминовой кислоты или поверхностно-активных веществ позволит наночастицам свободно проходить через песок.

В целом картина, складывающаяся на основании анализа данных проведенных исследований позволяет прийти к выводу, что нанотехнологии не настолько вредны, как можно было бы предположить: наночастицы не отравляют землю и воду, а попадание их в организм не фатально и может быть ограничено системами фильтрации. О необходимости особого контроля в данной области высказывался бывший директор «Роснано» Леонид Меламед: «Да, это будет стоить дорого, но при всех рисках, которые может таить в себе использование нанотехнологий, положительного эффекта от них все равно больше...»<sup>41</sup>.

## **Нанотоксикология**

**Нано(эко)токсикология** – наука, исследующая эффекты взаимодействия разработанных нанорешений и наноструктур с живыми организмами.

**Цель нанотоксикологии** – исследование риска, связанного с взаимодействием наноматериалов с организмом человека и окружающей средой.

### **Задачи нанотоксикологии:**

- исследование физических и химических свойств наночастиц;
- исследование движения, превращения и взаимодействия наночастиц в окружающей среде;
- идентификация и анализ наночастиц в окружающей среде;
- исследование влияния наночастиц на организм человека и экосистемы;
- исследование эффектов наночастиц в организме человека и окружающей среде.<sup>42</sup>

---

<sup>41</sup> Экологические проблемы нанотехнологий. Нанодайджест. – <http://nanodigest.ru/content/view/163/15/>

<sup>42</sup> Ирина Сарвилина. Нанотоксикология – новое направление для исследований. Презентация на III съезде токсикологов России, Москва, 1-5 декабря 2008 года. – <https://www.slideshare.net/transwoman/ss-presentation-866132>

В 2004 году в эстонском Институте физической химии была создана научно-исследовательская группа по экотоксикологическим исследованиям наноксидов металлов, которая уже получила международное признание. В 2011 году руководителю этой группы доктору наук Анне Кахру за цикл работ по нанотоксикологии была присуждена Государственная премия Эстонии <sup>43</sup>.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Нанотехнология, область фундаментальной и прикладной науки и техники, имеет дело с совокупностью теоретического обоснования, практических методов исследования, анализа и синтеза, а также методов производства и применения продуктов с заданной атомной структурой путём контролируемого манипулирования отдельными атомами и молекулами.

Впервые термин «нанотехнология» употребил японский физик Норио Танигути в 1974 году. Он назвал этим термином производство изделий размером в несколько нанометров. Однако многие источники, в первую очередь англоязычные, первое упоминание методов, которые впоследствии будут названы нанотехнологией, связывают с известным выступлением «Внизу полным-полно места» (англ. «There's Plenty of Room at the Bottom») американского ученого-физика, лауреата Нобелевской премии по физике Ричарда Фейнмана, сделанным им в 1959 году в Калифорнийском технологическом институте на ежегодной встрече Американского физического общества.

Нанотехнология и в особенности молекулярная технология — новые, очень мало исследованные дисциплины. Основные открытия, предсказываемые в этой области, пока не сделаны. Тем не менее, проводимые исследования уже дают практические результаты. Использование в нанотехнологии передовых научных достижений позволяет относить её к высоким технологиям.

Нанотехнологии используются в различных сферах, включая окружающую среду и медицину.

Сегодня эксперты все больше говорят о «зеленых нанотехнологиях», что означает развитие чистых технологий, которые помогут минимизировать потенциальные риски для окружающей среды и здоровья человека, связанные с производством и использованием нанотехнологических продуктов, а также поощрять замену существующих продуктов новыми нанопродуктами, которые более экологичны на протяжении всего их жизненного цикла.

Нанотехнологии также активно применяются в медицине для достижения различных целей. Например, можно осуществлять диагностику заболеваний

---

<sup>43</sup> Нанотехнологии. Wikipedia. – [goo.gl/vpRlAv](http://goo.gl/vpRlAv)

путем непосредственного наблюдения за молекулярными системами; использовать системы адресной доставки лекарств (доставка лекарства непосредственно в очаг развития патологического процесса). Нанотехнологии также могут быть использованы для выращивания искусственных органов и тканей, создания нанороботов (с различными целями, в том числе, роботом-хирургов), борьбы с проблемами старения, лечения рака и заболеваний сердечно-сосудистой системы, генной терапии, перинатальной диагностики и т.п.

Применение новых наноконпозиционных материалов помогает ускорению лечения хронических воспалений, открытых ран, экзем и т.п.

Эксперты, говоря о контроле над нанотехнологиями оимечают, что важно обеспечить, чтобы регулирующие режимы были пригодны для решения потенциальных рисков, связанных с продолжающимся развитием и использованием наноматериалов, а также будущим развитием новых материалов.

Международная сеть по ликвидации СОЗ (IPEN) и Международная сеть действий по пестицидам (PAN) озвучили свою позицию по нанотехнологиям в январе 2017 года, включив пункты по нанотехнологиям в документ под названием «После 2020 г.: Химическая безопасность и Повестка дня на период до 2030 г.».

IPEN и PAN отметили, что все возникающие проблемные вопросы СПМРХВ (включающие, в частности, и нанотехнологии, и произведенные наноматериалы) весьма актуальны для достижения ЦУР.

Организации, в частности, подчеркнули, что пока «не существует никакого доступного для общественности каталога наноматериалов в продуктах». «СПМРХВ после 2020 г. следует заняться этой информационной проблемой, проведя работу по созданию глобального каталога наноматериалов. Безопасность нанотехнологий и наноматериалов следует рассматривать в синергетичности с вопросами безопасности работников в СПМРХВ, включая проведение медицинских осмотров работников, занятых в нанотехнологической индустрии», - отметили организации.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И МАТЕРИАЛОВ

1. Support for 3rd regulatory review on nanomaterials – environmental legislation. Ricardo Energy & Environment, Milieu Consulting and Danish Technical University. Report for European Commission, October 2016 [Electronic source] // EU Law and Publications [Official site] URL: <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/cf73479b-b601-11e6-9e3c-01aa75ed71a1> (accessed: 28.09.2017).
2. Нанотехнология [Электронный ресурс] // Википедия [Официальный сайт] URL: [goo.gl/ChgjJV](http://goo.gl/ChgjJV) (дата обращения: 28.09.2017).
3. Национальный стандарт РФ. Нанотехнологии. Часть 1. Основные термины и определения. ГОСТ Р 55416-2013 / ISO/TS 80004-1:2010 Группа ТОО [Электронный ресурс] // Консорциум кодексов. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Официальный сайт] URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200103381> (дата обращения: 28.09.2017).
4. ISI Indexed Nanoarticles (Article) [Electronic source] // StatNano [Official site] URL: <http://statnano.com/report/s29> (accessed: 28.09.2017).
5. Advanced solution for harnessing light winds. [Electronic source] // UnderstandingNano.com [Official site] URL: <http://www.understandingnano.com/nanotube-windmill-blades.html> (accessed: 28.09.2017).
6. Green nanotechnology. [Electronic source] // Wikipedia [Official site] URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Green\\_nanotechnology](https://en.wikipedia.org/wiki/Green_nanotechnology)
7. Schmidt Karen F. Green nanotechnologies: it's easier than you think. Report PEN 8 by the Woodrow Wilson International Center for Scholars [Electronic source] // The Project on Emerging Nanotechnologies [Official site] URL: [http://www.nanotechproject.org/process/assets/files/2701/187\\_greennano\\_pen8.pdf](http://www.nanotechproject.org/process/assets/files/2701/187_greennano_pen8.pdf) (accessed: 28.09.2017).
8. Как это работает: 8 молдавских изобретений [Электронный ресурс] // Locals, ежедневный интернет-журнал о событиях в Кишиневе и Молдове [Официальный сайт]

URL: <http://locals.md/2017/kak-eto-rabotaet-8-moldavskih-izobreteniy/> (дата обращения: 28.09.2017).

9. Shwartz M. Stanford scientists use nanotechnology to boost the performance of a key industrial catalyst [Electronic source] // Stanford/News [Official site] URL: <http://news.stanford.edu/2017/05/18/tiny-squeeze-stretch-boosts-catalytic-performance/> (accessed: 28.09.2017).
10. Нанотехнологии в медицине [Электронный ресурс] // Российская национальная нанотехнологическая сеть [Официальный сайт] URL: <http://rusnanonet.ru/nanoindustry/medicine/nanomedicine/> (дата обращения: 28.09.2017).
11. Фосфолипиды [Электронный ресурс] // Википедия [Официальный сайт] URL: [goo.gl/7XfrVD](http://goo.gl/7XfrVD) (дата обращения: 28.09.2017).
12. Липосома [Электронный ресурс] // Википедия [Официальный сайт] URL: [goo.gl/ofWzCy](http://goo.gl/ofWzCy) (дата обращения: 28.09.2017).
13. Фуллерены [Электронный ресурс] // Википедия [Официальный сайт] URL: [goo.gl/1Svjtf](http://goo.gl/1Svjtf) (дата обращения: 28.09.2017).
14. 25 способов использования нанотехнологий в медицине [Электронный ресурс] // Med88.ru. Федеральный медицинский портал [Официальный сайт] URL: <http://med88.ru/stati/4379:25-sposobov-ispolizovaniya-nanotexnologii-v-medicine/> (дата обращения: 28.09.2017).
15. Робот-хирург, которого надо съесть, 11 августа 2017 г. [Электронный ресурс] // Hi-news.ru. Новости высоких технологий [Официальный сайт] URL: <https://hi-news.ru/medicina/robot-xirurg-kotorogo-nado-sest.html> (дата обращения: 28.09.2017).
16. Microscopic lasers may stop tumours spreading around the body [Electronic source] // The Economist, Science and Technology [Official site] URL: <https://www.economist.com/news/science-and-technology/21727891-how-blow-cancer-cells-up-inside-microscopic-lasers-may-stop-tumours> (accessed: 28.09.2017).
17. Абрамян А., Афанасьев М., Солодовников В., Беклемышев В., Махонин И. Биосовместимые наноматериалы, 2007 г. [Электронный ресурс] // «Наноиндустрия», научно-технический журнал [Официальный сайт] URL: [http://www.nanoindustry.ru/files/article\\_pdf/2/article\\_2593\\_552.pdf](http://www.nanoindustry.ru/files/article_pdf/2/article_2593_552.pdf) (дата обращения: 28.09.2017).
18. Состоялась презентация Книги «Российские «зеленые» технологии» [Электронный ресурс] // РОСНАНО [Официальный сайт] URL: <http://www.rusnano.com/about/press-centre/news/20160428-fiop-prezentatsiya-knigi> (дата обращения: 28.09.2017).

19. Проекты РОСНАНО для медицины и здравоохранения [Электронный ресурс] // Российская национальная нанотехнологическая сеть [Официальный сайт] URL: [http://www.rusnanonet.ru/nanoindustry/medicine/nanomedicine/medicine\\_rosnano/](http://www.rusnanonet.ru/nanoindustry/medicine/nanomedicine/medicine_rosnano/) (дата обращения: 28.09.2017).
20. Алексей Паевский. Обмануть иммунную систему и не отравиться, 5 апреля 2017 г. [Электронный ресурс] // Газета Коммерсантъ [Официальный сайт] URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3279929> (дата обращения: 28.09.2017).
21. Сайт Международного инновационного центра нанотехнологий СНГ. – <http://ininc.jinr.ru/> (дата обращения: 28.09.2017).
22. Сайт Центра внедрения инноваций в Центральной Азии. – [http://ca-innovation.org/o\\_nas/](http://ca-innovation.org/o_nas/) (дата обращения: 28.09.2017).
23. «О внесении изменений и дополнений в Указ Президента Республики Казахстан от 19 марта 2010 года № 958 «О Государственной программе по форсированному индустриально-инновационному развитию Республики Казахстан на 2010 - 2014 годы и признании утратившими силу некоторых указов Президента Республики Казахстан». Указ Президента Республики Казахстан от 1 августа 2013 года № 607. [Электронный ресурс] // Адилет, полный электронный свод нормативных правовых актов Республики Казахстан [Официальный сайт] URL: <http://adilet.zan.kz/rus/docs/U1300000607> (дата обращения: 28.09.2017).
24. Китайгородцева Т. Наноматериалы и нанотехнологии в Казахстане, 17 января 2013 г. [Электронный ресурс] // G-Global, международная виртуальная площадка при Астанинском экономическом форуме. [Официальный сайт] URL: [group-global.org/ru/node/3186](http://group-global.org/ru/node/3186) (дата обращения: 28.09.2017).
25. Аманжол И. Нанотехнология в Казахстане: PR-акция или спасательный круг для экономики? 13 ноября 2009 г. [Электронный ресурс] // Деловая неделя [Официальный сайт] URL: [goo.gl/8i7bp7](http://goo.gl/8i7bp7) (дата обращения: 28.09.2017).
26. Нанотехнологии в фармакологии, 26 сентября 2006 г. [Электронный ресурс] // Сайт Межгосударственной комиссии по стандартизации, регистрации и контролю качества лекарственных средств, изделий медицинского назначения и межмедицинской техники государств-участников Содружества Независимых Государств [Официальный сайт] URL: <http://www.pharm-cis.com/?id=2584> (дата обращения: 28.09.2017).
27. Ученый из Усть-Каменогорска создал растительный нанопорошок, способствующий самооздоровлению человека, 29 августа 2017 г. [Электронный ресурс] // AltayNews [Официальный сайт] URL: <https://altaynews.kz/archives/47211> (дата обращения: 28.09.2017).

28. Проведение форсайтных исследований для определения приоритетов научно-технического развития на 2008-2010 годы (заключительный отчет). Отчет о научно-исследовательской работе. ВКГУ им. С. Аманжолова, 2010.
29. Ерболатулы Д. Состояние и перспективы развития нанотехнологий в Казахстане. В сборнике материалов с конференции «Вклад молодых исследователей в индустриально-инновационное развитие Казахстана». Усть-Каменогорск, 2011 год. [Электронный ресурс] // [Официальный сайт] Articlekz.com URL: <https://articlekz.com/article/6667> (дата обращения: 28.09.2017).
30. А. Африн. УзНАНО в руках молодых. Нано-технологии в Узбекистане. Документальный фильм [Электронный ресурс] // Youtube [Официальный сайт] URL: <https://www.youtube.com/watch?v=d943SEljSNc> (дата обращения: 28.09.2017).
31. Ташпулатова М., Джураева Д. Нанотехнологии – новое направление развития в промышленности Узбекистана // Молодой ученый. – 2016. – №8.6. – с. 18-20. – <https://moluch.ru/archive/112/28610/>
32. В Узбекистане начали производство текстиля, обладающего целебными свойствами, 1 апреля 2014 г. [Электронный ресурс] // Подробно.uz [Официальный сайт] URL: <http://podrobno.uz/cat/tehn/uzbekistan-celebni-tekstil/> (дата обращения: 28.09.2017).
33. Хайдаров Р. Нанотехнологии – фактор развития, 8 ноября 2016 [Электронный ресурс] // Народное слово online [Официальный сайт] URL: <http://www.narodnoeslovo.uz/index.php/homepage/i-tisodijot/item/8098-nanotekhnologii-faktor-razvitiya> (дата обращения: 28.09.2017).
34. Rick Weiss. Effects of Nanotubes May Lead to Cancer, Study Says. May 21, 2008. [Electronic source] // Washington Post URL: [goo.gl/KBx2Tz](http://goo.gl/KBx2Tz) (accessed: 28.09.2017).
35. Экологические проблемы нанотехнологий. [Электронный ресурс] // Нанодайджест. [Официальный сайт] URL: – <http://nanodigest.ru/content/view/163/15/> (дата обращения: 28.09.2017).
36. Нанотехнологии и наноматериалы. Федеральный Интернет-портал. – <http://www.portalnano.ru/> (дата обращения: 28.09.2017).
37. Экологические проблемы нанотехнологий [Электронный ресурс] // [Официальный сайт] Нанодайджест URL: <http://nanodigest.ru/content/view/163/15/> (дата обращения: 28.09.2017).
38. Ирина Сарвилина. Нанотоксикология – новое направление для исследований. Презентация на III съезде токсикологов России, Москва, 1-5 декабря 2008 года. [Электронный ресурс] // Slide share [Официальный сайт] URL: <https://www.slideshare.net/transwoman/ss-presentation-866132> (дата обращения: 28.09.2017).

# **Нанотехнологии для окружающей среды и медицины**

## **Обзор**

Подготовлен неправительственной организацией «Аналитическое экологическое агентство «Greenwomen» (Казахстан) в рамках проектов по продвижению и реализации Цели 2020 «Будущее без токсичных веществ!».

При составлении обзора были использованы международные документы, пособия, статьи с веб-сайтов, материалы IPEN (Международная сеть по ликвидации СОЗ).

**За дополнительной информацией, пожалуйста, обращайтесь:**

Лидия Астанина, «Аналитическое экологическое агентство «Greenwomen» (Казахстан): [greenwomen.kz@gmail.com](mailto:greenwomen.kz@gmail.com), [lidia.astanina@gmail.com](mailto:lidia.astanina@gmail.com), [www.greenwomen.kz](http://www.greenwomen.kz)