

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Институт физики высоких технологий
Направление подготовки 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов
Кафедра наноматериалов и нанотехнологий

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы

**ПОЛУЧЕНИЕ ДОПИРОВАННЫХ НАНОЧАСТИЦАМИ
МИКРОСТРУКТУР НА ОСНОВЕ ГИАЛУРОНОВОЙ КИСЛОТЫ**
УДК 669.33:678.017

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ4Б	Юнда Елена Николаевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	А.Ю. Годымчук	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Н.А. Гаврикова			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	О.Б. Назаренко	д.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Наноматериалов и нанотехнологий	О.Л. Хасанов	д.т.н., с.н.с.		

Томск – 2016 г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Институт физики высоких технологий
 Направление подготовки 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов
 Кафедра наноматериалов и нанотехнологий

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой

 (Подпись) (Дата) (Хасанов О.Л.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа
4БМ4Б

ФИО

Юнда Елена Николаевна

Тема работы:

Получение допированных наночастицами микроструктур на основе гиалуроновой кислоты

Утверждена приказом директора ИФВТ № _____ от _____, уточнена приказом № _____ от _____

Срок сдачи студентом выполненной работы: 20.06.2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	1) Литературные источники (базы данных www.springer.com, www.sciencedirect.com, www.elibrary.ru, www.kodex.ru). 2) Оборудование, лабораторный инвентарь, химические реактивы, средства индивидуальной защиты лаборатории Сегмав Университета Дж.Фурье, Гренобль, Франция
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1. Провести литературный обзор по использованию и микроструктурированию гидрогелей на основе гиалуроновой кислоты для тканевой инженерии. 2. Синтезировать наночастицы оксида железа, функционализированные карбоксильными и тиольными группами. 3. Изучить морфологию, размер и состав поверхности наночастиц 4. разработать методику получения допированных наночастицами микроструктур на основе гиалуроновой кислоты, модифицированной пентеноатными группами.

Перечень графического материала	Химические структуры компонентов, схемы микроструктурирования материалов, схемы реакций синтеза, фотографии гидрогелевых микроструктур, зависимости жесткости гидрогеля от концентрации молекулы-сшивателя, кривые распределения наночастиц по размеру, ИК-спектры, микрофотографии наночастиц
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Н.А. Гаврикова, старший преподаватель кафедры менеджмента
Социальная ответственность	О.Б. Назаренко, д.т.н., профессор кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Разделы на русском языке: введение, выводы, финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение, социальная ответственность.	
Разделы на английском языке: литературный обзор, экспериментальные методики, результаты и их обсуждение, список литературы на языке оригинала.	
Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	24 февраля 2016г.

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	А.Ю. Годымчук	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ4Б	Юнда Елена Николаевна		

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»



Институт физики высоких технологий
 Направление подготовки 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов
 Уровень образования магистратура
 Кафедра наноматериалов и нанотехнологий
 Период выполнения _____ (весенний семестр 2015/2016 учебного года)

Форма представления работы:

магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	20.06.2016
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.04.2016	Литературный обзор по теме диссертации	20
31.05.2016	Выполнение эксперимента по теме диссертации	30
16.06.2016	Обсуждение результатов и оформление работы	50

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	А.Ю. Годымчук	К.Т.Н.		25.06.2016

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Наноматериалов и нанотехнологий	О.Л. Хасанов	Д.Т.Н., С.Н.С.		25.06.2016

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 86 с., 29 рис., 25 табл., 47 источников.

Ключевые слова: наночастицы оксида железа, гиалуроновая кислота, гидрогель, фотолинтография, тканевая инженерия.

Объектом исследования являются гидрогелевые микроструктуры на основе гиалуроновой кислоты, допированные наночастицами оксида железа.

Цель работы – разработка методики получения допированных наночастицами оксида железа микроструктур на основе гиалуроновой кислоты, модифицированной пентеноатными группами.

В работе проводили синтез гиалуроновой кислоты, модифицированной пентеноатными группами. Полученный продукт анализировали с помощью спектроскопии ядерного магнитного резонанса. Проводили синтез наночастиц оксида железа, модифицированных карбоксильными и тиольными функциональными группами. Анализ размера, состава поверхности наночастиц, морфологии проводили с помощью метода динамического рассеяния света, ИК-спектроскопии и просвечивающей электронной микроскопии. Получали микроструктуры с использованием гидрогеля на основе гиалуроновой кислоты, модифицированной пентеноатными группами с помощью фотолинтографии. Наночастицы оксида железа, функционализированные карбоксильными и тиольными группами внедряли в гидрогелевые наноструктуры с целью придания микроструктурам магнитных свойств. Полученные гидрогелевые микроструктуры, допированные наночастицами, исследовали с помощью оптической микроскопии.

В результате работы были получены гидрогелевые структуры , допированные наночастицами оксида железа.

Область применения: полученные гидрогелевые микроструктуры с магнитными свойствами могут применяться в качестве подложки для диагностики биологических клеток и тканей.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	7
1 Литературный обзор.....	8
1.1 Получение микроструктур на основе натуральных и синтетических полимеров для тканевой инженерии.	8
1.1.1. Гидрогели на основе гиалуроновой кислоты для тканевой инженерии.....	8
1.1.2 Микроструктурирование гидрогелей на основе натуральных полимеров для имитации биологических тканей.....	9
1.1.3 Создание магнитных колоночных микроструктур на основе синтетических полимеров.....	13
2 Материалы и методы.....	20
2.1 Химические реактивы.....	20
2.2 Экспериментальные методики.....	20
2.2.1 Синтез гиалуроновой кислоты, модифицированной пентеноатными группами.....	20
2.2.2 Иммобилизация гидрогелевых микроструктур.....	21
2.2.3 Фотолиитографическое структурирование.....	21
2.2.4 Синтез наночастиц оксида железа	22
2.3 Методики анализа.....	22
2.3.1 Реология.....	22
2.3.2 Оптическая микроскопия.....	23
2.3.3 Фурье-ИК спектроскопия.....	23
2.3.4 Динамическое рассеяние света.....	23
2.3.5 Просвечивающая электронная микроскопия.....	24
3 Результаты и их обсуждение.....	24
3.1 Синтез гиалуроновой кислоты, модифицированной пентеноатными группами.....	24
3.2 Гидрогели на основе гиалуроновой кислоты, модифицированной пентеноатными группами.....	25
3.3 Получение колоночных гидрогелевых микроструктур.....	27
3.3.1 Функционализация покровных стекол	27
3.3.2 Микроструктурирование гидрогелей	28
3.3.3 Механическая стабильность гидрогелевых микроструктур различной жесткости, высоты и диаметра.....	32
3.3.4 Наночастицы оксида железа с различной функциональностью...	37
3.3.5 Реакционная способность гидрогелевых микроструктур с внедренными наночастицами оксида железа.....	42
Выводы.....	45
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	47
5 Социальная ответственность.....	63
Список опубликованных работ.....	80
Список использованной литературы.....	83

ВВЕДЕНИЕ

Многообещающим направлением нанотехнологий, медицины, химии и биофизики является тканевая инженерия, позволяющая создавать ткани для терапевтической реконструкции поврежденных органов. При этом ключевой задачей этого раздела науки является разработка носителей/подложек, позволяющих дистанционно управлять адгезией и миграцией и дифференциацией клеток, и обладающих набором свойств, необходимых для имитации сложных тканей человеческого организма, а именно биосовместимостью, схожими механическими и структурными свойствами. В силу того, что жесткость биологических тканей варьируется от 0.1–1 кПа (ткани мозга) до 8–17 кПа (мышечная ткань) [1], для культивации различных видов клеток требуются универсальные подложки с различными механическими характеристиками и высокой биосовместимостью.

В опубликованных работах создание управляемых микроструктур с целью культивации клеток основывается на использовании синтетических полимеров, преимущественно полидиметилсилоксана, характеризующегося ограниченной биосовместимостью и биофункциональностью [2] и, в определенных условиях, цитотоксичностью [3].

Гиалуроновая кислота (ГК) является многообещающим биосовместимым и биоразлагаемым материалом для создания подложек, позволяющих исследовать поведение клеток. Она является компонентом внеклеточного матрикса, содержится во многих биологических жидкостях, выполняя роль биологической смазки в тканях и хрящах и участвуя в гидродинамике тканей, процессах миграции и пролиферации клеток. Синтетическая ГК нашла широкое применение в косметологии и медицине.

Возможность создания гидрогелей на основе ГК была показана ранее в работах [4-5]. Целью выпускной квалификационной работы являлась разработка методики получения допированных наночастицами оксида железа микроструктур на основе гиалуроновой кислоты.

Работа выполнена при поддержке Стипендии Правительства Франции в лаборатории Sergev Университета Дж. Фурье.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4БМ4Б	Юнда Елена Николаевна

Институт	физики высоких технологий	Кафедра	Нanomатериалов и нанотехнологий
Уровень образования	магистратура	Направление	22.04.01 Материаловедение и технологии материалов

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих

2. Нормы и нормативы расходования ресурсов

3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Предпроектный анализ

2. Инициация проекта

3. Планирование управления научно-техническим проектом

4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

Карта сегментирования рынка

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Матрица SWOT

График проведения и бюджет НИИ

Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ

Потенциальные риски

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры менеджмента	Гаврикова Надежда Александровна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ4Б	Юнда Елена Николаевна		

4 РАЗДЕЛ «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

4.1 Предпроектный анализ

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальный рынок потребителей разработанной методики создания магнитных гидрогелевых микроструктур включает медицинские и фармацевтические компании. Критериями сегментирования целевого рынка являются размер и вид деятельности компании. Карта сегментирования рынка представлена на рис. 4.1.

		Разработка новых средств лечения	Лабораторный анализ	Оказание медицинских услуг
Размер компании	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			

- ниши, не занятые конкурентами
 - ниши с высоким уровнем конкуренции

Рис. 4.1 – Карта сегментирования рынка по оказанию и разработке медицинских

Таким образом, разработанные гидрогелевые микроструктуры на основе гиалуроновой кислоты наиболее выгодно внедрять на рынке мелких и средних медицинских компаний, включающих исследовательские центры по разработке новых средств лечения.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Наиболее близкие разработки получения магнитных микроструктур для исследования свойств биологических клеток представлены в работах [20], [26] и [35]. Оценка технических разработок, представленных в данных работах, представлена в табл. 4.1.

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б ₂₀	Б ₂₆	Б ₃₅	К ₂₀	К ₂₆	К ₃₅
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	4	4	1	0,4	0,4	0,1
3. Энергоэкономичность	0,15	3	2	3	0,45	0,3	0,45
4. Надежность	0,2	2	2	4	0,4	0,4	0,8
5. Безопасность	0,2	1	1	4	0,2	0,2	0,8
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,1	4	4	1	0,4	0,4	0,1
2. Уровень проникновения на рынок	0,1	2	2	1	0,2	0,2	0,1
3. Цена	0,15	2	4	3	0,3	0,6	0,45
Итого	1	18	19	17	2,35	2,5	2,8

На основе данных в табл. 4.1 можно сделать вывод, что наиболее конкурентоспособной является разработка авторов работы [35].

В работе [20] магнитные микроструктуры изготавливают из полидиметилсилоксана (ПДМС). Преимуществом работы является достижение высоких магнитных свойств материала. В то же время, ПДМС характеризуется более низкой биосовместимостью по сравнению с материалом, используемым в данной работе, гиалуроновой кислотой. В работе [26] микроструктуры изготавливают из гидрогеля на основе полиакриламида. Достоинством работы является отсутствие проблемы гомогенной дисперсии наночастиц ввиду использования нанотрубок, однако технологически выполнение конструкции является более сложным и времязатратным. В работе [35] используется биосовместимый гидрогель на основе полиэтиленгликоля, однако конструкции не обладают магнитными свойствами. В указанных работах технология разработки микроструктур основывается на формовании литьем. Следовательно, изменение геометрии структур требует разработки дополнительных форм, что является невыгодным с точки зрения затраты финансовых средств и времени.

Таким образом, данная работа выгодно отличается от работ конкурентов тем, что микроструктуры изготавливаются на основе биосовместимого материала с помощью относительно простой технологии на основе фотолитографии. С помощью одной фотомаски можно получать структуры различных диаметров одновременно, в то время как высота колонок меняется варьированием покровных стекол между фотомаской и стеклянной подложкой.

4.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ представляет собой комплексный анализ проекта, выделяющий сильные, слабые стороны проекта, а также возможности и угрозы с внешней стороны. В табл. 4.2 представлена матрица SWOT.

Таблица 4.2 – SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии. С2. Экологичность технологии. С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями. С4. Наличие бюджетного финансирования. С5. Квалифицированный персонал.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров Сл3. Отсутствие инжиниринговой компании, способной построить производство «под ключ» Сл4. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца Сл5. Большой срок поставок материалов и комплектующих, используемых при проведении научного исследования
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Использование инфраструктуры ОЭЗ ТВТ Томск В3. Появление	Персонал высокой квалификации обладает компетенциями для работы на инновационном оборудовании. Наличие бюджетного финансирования позволит обеспечить дополнительный	Большой срок поставок материалов может способствовать снижению способности обеспечить дополнительный спрос на новый продукт. Использование инфраструктуры ОЭЗ ТВТ

дополнительного спроса на новый продукт В4. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях В5. Повышение стоимости конкурентных разработок	спрос на новый продукт.	Томск позволит решить проблему отсутствия необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца.
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Развитая конкуренция технологий производства У3. Ограничения на экспорт технологии У4. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции У5. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства	Низкая стоимость производства позволит компенсировать несвоевременное финансовое обеспечение исследования со стороны государства.	Отсутствие необходимого оборудования не позволит произвести сертификацию продукции по дополнительным требованиям.

Результаты SWOT-анализа можно использовать при планировании и реализации работ по научно-исследовательскому проекту.

4.2 Инициация проекта

Заинтересованные стороны проекта представлены в табл. 4.3.

Таблица 4.3 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Институт Neel, лаборатория исследования биологических клеток	Применение гидрогелевых подложек для экспериментальных исследований с клетками
Институт Neel, лаборатория по изучению магнитных свойств материалов	Изучение магнитных полей в гидрогелевых структурах, допированных наночастицами оксида железа
Медицинские учреждения	Новые способы регенерации биологических тканей

В табл. 4.4 представлены цели проекта и критерии достижения целей в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Таблица 4.4 – Цели и результаты проекта

Цели проекта:	Повысить эффективность использования стволовых клеток в процессе роста и регенерации тканей за счет ранней диагностики дифференциации и контроля миграции клеток
Ожидаемые результаты проекта:	Снижение стоимости процедуры регенерации тканей ввиду уменьшения расходного материала
Критерии приемки результата проекта:	Полученные микроструктуры должны быть биосовместимыми и обладать магнитными свойствами
Требования к результату проекта:	Требование:
	Методика получения магнитных гидрогелевых микроструктур должна обеспечить более экологически выгодную технологию получения подложек для исследования клеток вследствие использования биоразлагаемых материалов, а также ускорить процесс работы со стволовыми клетками за счет ранней диагностики их дифференциации.

Участники проекта и их обязанности представлены в табл. 4.5.

Таблица 4.5 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудовые затраты, час.
1	Юнда Е.Н., ТПУ, студент	Исполнитель по проекту	Выполнение литературного обзора, проведение экспериментальных работ, анализ данных	-
2	Шарпак-Жанковска А., УЖФ, доцент	Руководитель проекта	Определение направления экспериментальных исследований, анализ данных, контроль достижения целей проекта	900 руб.
3	Делакур С., CNRS, доцент	Эксперт проекта	Контроль биосовместимости полученных структур	900
ИТОГО:				1800 руб.

Факторы, потенциально ограничивающие проект, представлены в табл. 4.6.

Таблица 4.6 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
1. Бюджет проекта	Бюджет проекта ограничен рамками университетского финансирования
1.1. Источник финансирования	УЖФ, Франция
2. Сроки проекта:	01.02.2016 – 31.07.2016
2.1. Дата утверждения плана управления проектом	01.02.2016
2.2. Дата завершения проекта	31.07.2016
3. Прочие ограничения и допущения*	Эксперименты со стволовыми клетками могут проводиться не более 1 раза в месяц в связи со сложностью подготовки образцов

Планирование управления научно-техническим проектом

4.3.1. Бюджет научного исследования

Планируемые затраты на сырье, материалы и комплектующие изделия представлены в табл. 4.7.

Таблица 4.7 – Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

Наименование	Марка, размер	Кол-во	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Гиалуроновая кислота	кг	0,1	12120	1212
Химический реактив HEPES	кг	0,1	40000	4000
Серная кислота	л	3,00	71	213
Азотная кислота	л	10	46	460
Поваренная соль	кг	0,2	10.00	2.00
Лимонная кислота	кг	0,1	65	6,5
Ацетил-Н-цистеин	кг	0,1	20000	2000
Дистиллированная вода	л	50	12	600
Лабораторная посуда	--	--	--	1000
Канцелярские товары	--	--	--	500
Всего за материалы				9993,5
Транспортно-заготовительные расходы (3-5%)				300
Итого по статье C_M				10293

Затраты на специальное оборудование для научных работ

Данная статья расходов включает затраты на приобретение спецоборудования для проведения исследований (табл. 4.8).

Таблица 4.8 – Затраты на специальное оборудование

Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
Магнитная мешалка с функцией подогрева	1	42	42
Итого			42

Основная заработная плата исполнителей темы

Для того, чтобы рассчитать затраты на заработную плату, был разработан план НТИ и определено число сотрудников, задействованных в работе.

Начальная стадия планирования – разбивка работы на этапы и подэтапы. Работа делится на следующие этапы:

1. Планирование эксперимента

- 1) Изучение литературы;
- 2) Изучение методик проведения эксперимента.

2. Экспериментальная часть

- 1) Проведение эксперимента.

3. Обработка результатов эксперимента

- 1) Обсуждение результатов;
- 2) Выполнение графической части;
- 3) Оформление ВКР.

В табл. 4.9 представлена длительность выполнения этапов работы.

Таблица 4.9 – Длительность выполнения работы

Наименование этапов	Длительность выполнения, дни
Изучение литературы	30
Изучение методик	10
Приготовление материалов для работы	10
Настройка оборудования	17
Проведение экспериментов	40
Построение графиков	8
Обсуждение результатов	40
Оформление графической части	10
Оформление НИР	15
Всего	180

Вся работа занимает 6 месяцев.

В выполнении работы принимали участие 2 сотрудника:

- 1) руководитель работы – доцент (□);
- 2) исполнитель – лаборант (○).

Таблица 4.10 – Календарный план выполнения НИР

Наименование этапов	Длительность выполнения, дни																
	декабрь			январь			февраль			март			апрель			май	
Изучение литературы	○																
Изучение методик				○													
Приготовление растворов					○												
Настройка оборудования						○											
						□											
Проведение эксперимента								○									
Построение графиков										○							
Обсуждение результатов													○				
													□				
Оформление графической части																○	
Оформление НИР																	○

Расчет заработной платы

а) Заработная плата доцента:

Оклад: 23264 руб.

Районный коэффициент: 1,3.

Общая заработная плата: 30243,2 руб.

б) Заработная плата исполнителя (лаборант 0,1 ст.):

Оклад: 846,4 руб.

Районный коэффициент: 1,3

Общая заработная плата: 1100,3 руб.

Всего: 31343,5 руб.

Таблица 4.11 – Затраты на оплату труда исполнителей НТИ

Исполнители	k_t	$Z_{тс},$ руб	$k_{пр}$	k_d	k_p	$Z_m,$ руб	$Z_{дн},$ руб	$T_p,$ раб. дн.	$Z_{осн},$ руб.
Руководитель, доцент	120	23264	6,979	4653	23264	30243	1575	60	94546
Исполнитель, лаборант	120	846	254	169	254	1100	52	180	9354
Итого									103900

Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Коэффициент дополнительной заработной платы составляет 0,12.

Поэтому дополнительная заработная плата руководителя (доцента) составляет 3630 руб., исполнителя (лаборанта) – 132 руб.

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется по следующей формуле:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (4.1)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На основании пункта 1 ст. 58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2016 году коэффициент отчислений составляет 27,1%.

Таблица 4.12 – Затраты на страховые отчисления

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды
Руководитель проекта	94546	3630	26606
Студент- дипломник	9354	132	2571
Итого			29177

Таким образом, общая сумма страховых отчислений составляет 29177 руб.

Бюджет затрат на научно-исследовательский проект приведен в табл. 4.12.

Таблица 4.12 – Группировка затрат по статьям

	Статьи									
Вид работ	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Научные и производственные командировки	Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями	Прочие прямые расходы	Накладные расходы	Итого плановая себестоимость, руб
1.	10293	42000	103900	3762	29177	-	-	-	-	189132

4.3.2 Реестр рисков проекта

Возможные риски происхождения неопределенных событий с нежелательными последствиями при выполнении проекта представлены в табл. 4.13.

Таблица 4.13 – Реестр рисков

№	Риск	Потенциально е воздействие	Вероятно сть наступлен ия (1-5)	Влияние риска (1- 5)	Уровень риска*	Способы смягчения риска	Условия наступлен ия
1	Поломка специаль ного оборудов ания	Невыполнени е работы в срок	1	4	средний	Наличие дополните льного прибора / альтернати вной методики	Используй вание оборудова ния в соответств ии с инструкци ей
2	Изменени е рынка спроса услуг	Нерентабельн ость проекта	1	1	низкий	Выполнени е проекта в назначенн ые сроки	Появление альтернати вного метода решения проблемы
3	Уменьше ние бюджета исследов ания	Недостижени е целей проекта	3	5	высокий	Поиск менее дорогих методик решения проблемы	Изменение финансово го положения спонсора проекта

4.4 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Для того, чтобы его определить, сначала находим интегральный финансовый показатель по формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.2)$$

где $I_{финр}^{испi}$ – интегральный финансовый показатель разработки; Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения; Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{финр}^{исп1} = \frac{\Phi_{p1}}{\Phi_{max}} = 0,923 \quad ; \quad I_{финр}^{исп2} = \frac{\Phi_{p2}}{\Phi_{max}} = 0,918.$$

Далее определили интегральный показатель ресурсоэффективности.

Данные для расчета представлены в таблице 4.14.

Таблица 4.14. – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии/ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп. 2
Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	4
Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	5	4
Помехоустойчивость	0,15	5	3
Энергосбережение	0,20	5	5
Надежность	0,20	5	5
Материалоемкость	0,15	4	5

Таким образом, $I_{p-исп1} = 4,6$; $I_{p-исп2} = 4,2$.

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп1}} = 0,20; \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}^{исп2}} = 0,22.$$

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} = 0,9.$$

Таблица 4.15. – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Исп. 1	Исп. 2
Интегральный финансовый показатель разработки	0,923	0,918
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,6	4,2
Интегральный показатель эффективности	0,20	0,22
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,9	0,9

Представленные расчеты показывают, что, более эффективным вариантом решения технической задачи, является исполнение 1, так как в совокупности интегральные показатели данного исполнения выше, чем у исполнения 2.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4БМ4Б	Юнда Елена Николаевна

Институт	Кафедра	22.04.01 Материаловедение и технологии материалов
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	1. Выявление факторов рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования), характеризующих процесс взаимодействия трудящихся с окружающей производственной средой со стороны их: -- вредных проявлений (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения); -- опасных проявлений (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы); 2. Определение факторов рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования), характеризующих процесс воздействия их на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) 3. Описание факторов рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования), характеризующих процесс возникновения чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера). 4. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке	1. Характеристика факторов изучаемой производственной среды, описывающих процесс взаимодействия человека с окружающей производственной средой в следующей последовательности: -- физико-химическая природа фактора, его связь с разрабатываемой темой; -- действие фактора на организм человека; -- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (с ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); -- рекомендуемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства) 2. Анализ опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: -- механические опасности (источники, средства защиты) -- термические опасности (источники, средства

	защиты) -- <i>электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</i> -- <i>пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения);</i> 3. <i>Охрана окружающей среды:</i> - <i>анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</i> - <i>анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</i> - <i>анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</i> 4. <i>Защита в чрезвычайных ситуациях:</i> - <i>перечень возможных ЧС на объекте;</i> - <i>разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</i> 5 . <i>Правовые вопросы обеспечения безопасности:</i> - <i>характерные для проектируемой рабочей зоны правовые нормы трудового законодательства;</i> - <i>организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</i>
Перечень графического материала	<i>План эвакуации из химической лаборатории (УЖФ);</i> <i>схема возможного перемещения наноматериалов в окружающей среде;</i> <i>схема искусственного освещения.</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Назаренко Ольга Брониславовна	Д.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4БМ4Б	Юнда Елена Николаевна		

5 РАЗДЕЛ «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Характеристика факторов изучаемой производственной среды

Настоящая дипломная работа выполнялась в лаборатории научно-образовательного центра «Наноматериалы и нанотехнологии» Томского политехнического университета, а также в химической лаборатории Университета Жозефа Фурье г. Гренобль.

В задачи исследования входило создание гидрогелевых микроструктур, синтез и внедрение в гидрогель наноразмерных частиц железа. Поэтому в данной работе проявление опасных/ вредных факторов в лаборатории связано непосредственно с воздействием наночастиц оксида железа, а также химических реагентов для приготовления растворов, включая высококонцентрированную серную и азотную кислоты, использующиеся для регулирования кислотности. Более того, проведение эксперимента не возможно без применения электроэнергии, высокого давления, высоких температур, взрыво- и пожароопасных веществ.

Необходимый уровень безопасности и безвредности труда в сфере науки и производства призвана обеспечить система охраны труда. В соответствии с ГОСТ 12.0.002-80 охрана труда определяется как система законодательных актов, социально-экономических, организационных, технических, гигиенических, лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

Несколько самостоятельных аспектов охраны труда с разных сторон приводят к решению одной проблемы - сохранения здоровья:

- правовые и организационные вопросы охраны труда;
- производственная санитария и гигиена труда;
- техника безопасности;
- пожарная профилактика.

Хотя отдельные аспекты охраны труда находятся в тесной взаимосвязи и между ними невозможно провести четкие границы, не следует смешивать понятия "охрана труда" и "техника безопасности". Между тем на многих химических предприятиях отделы, выполняющие по существу функции служб охраны труда, традиционно именуются службами техники безопасности.

В лаборатории, где проводилось исследование, имеют место следующие опасные факторы:

- 1) опасность поражения электрическим током;
- 2) опасность получения химических ожогов.

К вредным факторам относятся:

- 1) содержание вредных веществ в воздухе;
- 2) отклонение параметров микроклимата в помещении;
- 3) недостаточная освещенность рабочей поверхности;
- 3) шум.

В условиях химической лаборатории в задачи производственной санитарии входит предупреждение профессиональных отравлений, предотвращение воздействия на персонал ядовитых и раздражающих веществ, шума, определение предельно-допустимых концентраций вредных веществ в воздухе, разработка и эксплуатация средств индивидуальной защиты, систем вентиляции, отопления и рационального освещения.

При работе в химической лаборатории следует исходить из того, что все химические вещества в той или иной степени ядовиты. Безвредной считается только чистая вода. По степени воздействия на организм вредные вещества подразделяются на четыре класса опасности: 1-ый – вещества чрезвычайно опасные; 2-ой – вещества высокоопасные; 3-ий – вещества умеренно опасные; 4-ый – вещества малоопасные [40].

Обязательным условием безопасной работы с вредными химическими веществами является не только знание класса опасности всех реактивов, но так же знание особенностей их токсичного действия и симптомов отравления.

Перед началом работы с незнакомыми веществами следует изучить их свойства, токсические действия и гигиенические нормативы.

Результатом действия вредных веществ на организм человека могут быть острые или хронические отравления. Используемые в работе кислоты и щелочи раздражают дыхательные пути, вызывают ожоги при попадании на кожу.

При работе с химическими веществами следует быть особенно внимательным и осторожным. Неосторожность при работе с ними может привести к ожогам или отравлениям.

Таблица 5.1 - Физико-химические свойства химических реагентов и характер их воздействия на организм

Наименование вещества	T _{кип} , °C	T _{плав} , °C	ПДК, мг/м ³	Характер действия на организм	Меры безопасности
Соляная кислота (конц.)	85,08	114,2	0,1-1	Прижигает и раздражает кожные покровы	Работа под тягой в перчатках, спецодежда
Серная кислота	296,2	10,45	1	Прижигает и раздражает кожные покровы	Фартук, перчатки из кислото-стойких тканей

При выполнении анализов используются едкие кислоты: концентрированные азотная и серная кислоты. Повышенную опасность представляют концентрированные кислоты, обладающие сильным разъедающим действием при попадании на слизистые оболочки, кожные покровы, одежду, обувь, оборудование и т.п. При их попадании на кожу следует быстро промокнуть раствор любым тампоном (ветошь, вата, тряпка и т.п.), место попадания обильно промыть струей воды и вымыть с мылом.

Особенно опасны кислоты и растворы щелочей при попадании в глаза. В этом случае глаза необходимо немедленно обильно промыть водным раствором соды (при попадании кислот) или 3%-ным водным раствором борной кислоты (при попадании растворов щелочей) и срочно обратиться к врачу.

Концентрированная серная кислота обладает сильными окислительными свойствами и при контакте могут вызвать возгорание органических материалов (древесина, ветошь и др.)

При разбавлении водой концентрированных кислот выделяется большое количество тепла, поэтому разбавление необходимо выполнять осторожно и

постепенно, приливая кислоту к воде малыми порциями при непрерывном перемешивании. Разбавление кислоты следует проводить в подходящей термостойкой и химически стойкой посуде.

Разбавление концентрированных кислот, а также работа с их растворами, должны выполняться на поддонах в средствах индивидуальной защиты (очках, резиновых фартуке и нарукавниках).

В работе используются наночастицы оксида железа. Накопление соединений тяжелых металлов в организме человека и некоторых других соединений происходит поражение почти всех органов или их систем организма человека: печени, респираторного тракта, крови. Избыток таких элементов, как цинка, железа и меди способствует развитию язвенной болезни 12-перстной кишки и лейкозу, изменению в составе плазмы крови и эритроцитов.

Показатели токсичности некоторых веществ, используемых в работе, приведены в табл. 5.2.

Таблица 5.2 - Показатели, характеризующие токсичность используемых химических соединений по ГОСТ 12.1.005-88

Химическое соединение	Параметры токсичности		
	ПДК*, мг/м ³	Класс опасности	Агрегатное состояние
Соляная кислота	5	2	П
Серная кислота	1	2	П
Железо	0,04	3	П

* предельно-допустимая концентрация паров вещества в атмосферном воздухе в пределах рабочей зоны.

В лаборатории предусмотрены следующие коллективные средства защиты:

- встроено вытяжное устройство для работы с летучими жидкостями;
- для предотвращения попадания пыли в глаза необходимо предусматривать увлажнение пылящих материалов и наличие вентиляции.

Для индивидуальной защиты необходимо пользоваться следующими правилами:

- работы в лаборатории следует проводить в халатах, перчатках и противопылевых масках;

- стирать спецодежду дома или непосредственно в химической лаборатории запрещается; также нельзя хранить вместе рабочие халаты и личную одежду;
- нельзя принимать пищу в рабочих халатах;
- запрещается хранить пищевые продукты в холодильниках, используемых для хранения или охлаждения химических веществ.

Отклонение от норм производственной санитарии может привести к профессиональным заболеваниям, воздействию на персонал токсичных веществ, а также различным отравлениям.

Анализ опасных факторов производственной среды

Электробезопасность. Согласно «Правилам устройства электроустановок» (ПУЭ), лаборатория относится к категории особо опасных помещений (имеются агрессивные жидкости).

При выполнении настоящей дипломной работы в лаборатории использовались такие установки, как анализатор размера частиц, ЯМР-спектрометр, рН-метр, сушильный шкаф, аналитические весы, центрифуга, которые относятся к электроприборам. При неправильном обращении с приборами и несоблюдении мер предосторожности может произойти поражение электрическим током.

Светильники внутри вытяжных шкафов должны быть в взрывозащищенном исполнении, а их выключатели и штепсельные розетки размещаются вне шкафа.

В ходе выполнения работы взвешивание реактивов производилось на аналитических весах. При работе с весами следует соблюдать следующие правила:

- нельзя помещать химические вещества непосредственно на чашу весов;
- прибавлять и убавлять взвешиваемое вещество следует только вне шкафов весов.

Для анализа гиалуроновой кислоты, модифицированной пентеноатными группами, использовали ЯМР-спектрометр. Помещение, в котором устанавливается спектрометр, должно иметь площадь не менее 10 м², объём не менее 30 м³ и приточно–вытяжную вентиляцию. Над горелкой должен быть установлен вытяжной зонт с принудительной вытяжной вентиляцией с регулируемым расходом воздуха 5~10 м³/мин.

По способу защиты от поражения электрическим током спектрометр относится к классу 01.

Эксплуатация спектрометра должна производиться в соответствии с требованиями «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей», и «Правил техники безопасности при эксплуатации установок потребителей», утверждённых приказом [41].

Перед включением в сеть электропитания прибор должен быть подсоединён к контуру заземления медным гибким проводом с сопротивлением не более 4 Ом.

Перед подсоединением или отсоединением заземляющего провода спектрометр необходимо отключить от сети.

Недопустимо последовательное включение в заземляющий провод нескольких устройств.

Недопустимо использование для заземления нулевой фазы сети электропитания.

Необходимо соответствие помещения согласно Техническому регламенту о требованиях пожарной безопасности [42], а также наличие средств пожаротушения.

В лаборатории разработаны меры по обеспечению электробезопасности:

- 1) предусмотрены изоляция всех токоведущих частей и защитное заземление оборудования;
- 2) приборы расположены в местах, где работающие не могут одновременно касаться прибора и заземленного провода;

3) щиты и распределительные устройства устанавливаются в отдельных помещениях, где они закрываются в отдельные ящики;

В зависимости от опасности поражений людей электрическим током химические лаборатории относятся к особо опасным помещениям, т.к. имеется сырость и химически активная среда.

Для защиты персонала, обслуживающего электрические установки, от поражения электрическим током применяются защитные средства, к которым относятся диэлектрические перчатки и рукавицы, инструменты электромонтеров с изолированными ручками, резиновые коврики и диэлектрические галоши.

В лаборатории имеется общий рубильник для отключения всей сети, от которого проведено электропитание к рабочим местам и распределительным щитам.

Электрические приборы имеют заземление.

Пожаровзрывобезопасность. Лаборатории, в которых выполнялась работа, относятся к производствам пожароопасной категории Д, т.к. в лаборатории используются негорючие вещества и материалы в холодном состоянии.

Для тушения пожаров, на случай их возникновения, в лаборатории имеются следующие средства:

- огнетушители жидкостные ОХП-10, ОВП-10, действующие на расстоянии 6-8 м;
- для обесточивания горящих электрических проводов на горизонтальной поверхности применяется песок;
- листовой асбест применяется для тушения горящих жидкостей, обесточенных проводов, горячей одежды.

При тушении электрических аппаратов, находящихся под напряжением, возникает опасность поражения электрическим током, поэтому в здании, где проводится тушение пожара, необходимо отключить электричество.

При выполнении работ в лаборатории не проводились процессы (включая транспортировку и хранение), в которых участвуют вещества, способные образовать взрывоопасную среду.

При соблюдении всех правил предосторожности можно избежать аварийных ситуаций и случаев травматизма.

Для предотвращения пожара или взрыва необходимо:

- исключить возможность искрообразования, чрезмерного перегрева пожароопасных веществ;
- производить постоянный и высокоэффективный воздухообмен (работа вентиляции).

Инструктаж по технике безопасности – одно из средств обеспечения безопасности труда. Инструктаж заключается в обучении работающих безопасным приемам и методам работы. План эвакуации на случай пожара представлен на рис. 5.1.

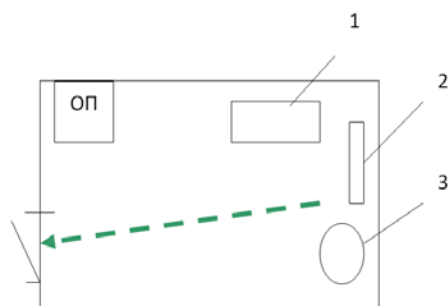


Рисунок 5.1 – план эвакуации из химической лаборатории (УЖФ): ОП – огнетушитель переносной; 1 – сушильный шкаф (термостат); 2 – атомный абсорбционный спектрометр; 3 – центрифуга; — ➡ - путь эвакуации.

Общие правила безопасной работы при выполнении анализов

Перед началом работы необходимо ознакомиться с характеристикой исходных веществ и продуктов реакции. Все работающие в лаборатории должны иметь средства индивидуальной защиты: халаты, фартуки, резиновые перчатки, защитные очки и маску. Они должны соответствовать росту сотрудников и утвержденному стандарту.

Условия работы в химических лабораториях характеризуются использованием большого числа относительно небольших количеств токсичных и огнеопасных веществ.

В помещениях лаборатории разрешается хранить запас легковоспламеняющихся жидкостей, не превышающий суточной потребности. Концентрированные кислоты (HCl , H_2SO_4) хранятся в толстостенной стеклянной посуде вместимостью 2 л с этикеткой в вытяжном шкафу на стеклянном поддоне, на отдельной полке.

Непосредственное их использование в процессе работы проводится при включенной приточно–вытяжной вентиляции.

Для отбора пробы следует пользоваться пипеткой с грушей, засасывать растворы в пипетки ртом запрещается.

Брать твердые реактивы из банки и разрыхлять слежавшиеся следует шпателем или фарфоровой ложкой. После работы в лаборатории следует тщательно мыть руки.

Во время работы в лабораторных условиях необходимо соблюдать следующие общие правила:

- 1) избегать попадания химикатов и растворов на слизистые оболочки (рта, глаз), кожу, одежду;
- 2) не принимать пищу (питье);
- 3) не курить и не пользоваться открытым огнем;
- 4) обращать внимание на герметичность упаковки химикатов (реактивов), а также на наличие хорошо и однозначно читаемых этикеток на склянках;
- 5) избегать вдыхания химикатов, особенно образующих пыль и пары;
- 6) при работе со стеклянной посудой соблюдать осторожность во избежание порезов кожи рук;
- 7) при отборе растворов пипетками пользоваться закрепленным в штативе шприцем с соединительной трубкой (не втягивать растворы в пипетку ртом);

8) добавление к пробам растворов химических веществ и сухих реактивов следует производить в резиновых перчатках и защитных очках.

Образующиеся при работе отработанные растворы, несмотря на их малые количества, необходимо сливать в одну отдельную хорошо закрывающуюся склянку и проводить их нейтрализацию растворами щелочей или кислот с концентрацией 5-10 %. Нейтрализацию проводят, добавляя постепенно соответствующие растворы и контролируя кислотность раствора по универсальной индикаторной бумажке (до значения pH 6-8).

Необходимые при выполнении анализов растворы, реактивы и растворители следует содержать в герметично закрываемых стеклянных флаконах, и приготавливать с соблюдением правил, предусмотренных для химико-аналитических работ.

Охрана окружающей среды

Поступая из разных источников в окружающую среду, наночастицы, благодаря малому размеру, способны проникать в самые разные области нашего мира. Схема миграции наночастиц представлена на рис. 5.2 [43]; она показывает взаимное перемещение наночастиц между средами обитания (воздух, гидросфера и литосфера), а также миграцию в различные биологические объекты (человек и наземные обитатели, растительный и животный мир водной системы, почва и отложения и т.д.).

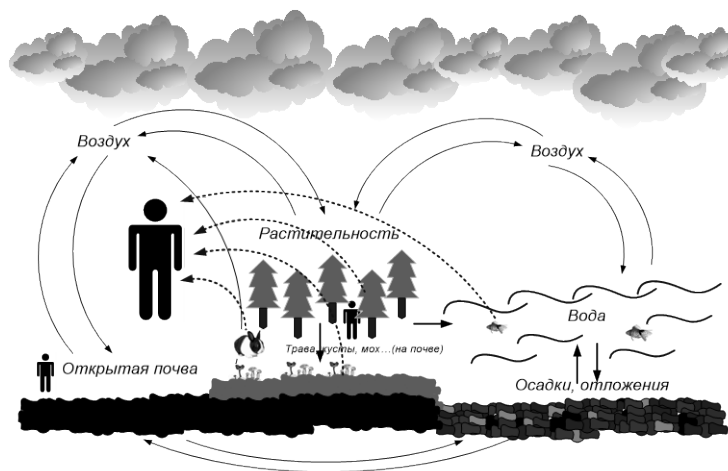


Рисунок 5.2 – Возможное перемещение наноматериалов в окружающей среде [43].

При попадании наночастиц в воздух могут образовываться устойчивые во времени аэрозоли, которые с помощью различных механизмов могут попадать в наземные биологические объекты через дыхание, кожу и пищеварительный тракт. Посредством сорбции наночастицы из аэрозолей поглощаются растениями, активно проникая в растительный мир, являющийся источником пищи практически для всех биообъектов. Диспергированные наночастицы в воздухе могут абсорбироваться водой различных объектов (озёра, реки и т.п.), осаждаемые наночастицы могут попадать в почву и грунты.

При попадании наночастиц в воду, использующуюся для питьевых нужд и нужд лечения, наночастицы могут также проникать в организм человек через пищеварительный тракт.

Попадание наночастиц в почвы может происходить из атмосферы (осаждение, адсорбция, адгезия), гидросферы (растворение – осаждение, адсорбция, адгезия) и из биологических объектов (при их жизнедеятельности и разложении). При попадании в почвы наночастицы могут нарушать ее микробиологический состав, оказывая опосредованно влияние на плодородность. Из почвы наночастицы могут проникать в бентос, который берет питательные вещества при переработке почвы, и далее по пищевой цепочке распространяет в водоросли и более сложные организмы животного мира.

Наночастицы, содержащиеся в воздухе, могут осаждаться на листьях и других наземных частях растений, а наночастицы из гидросферы и литосферы будут взаимодействовать с частями растений, находящимися соответственно в этих средах. На примере железных частиц в воздухе было показано проникновение частиц внутрь растения через трихомы или через поры. Накопление наночастиц на поверхности растений может влиять на фотосинтез и газообмен, а следовательно на его жизнедеятельность.

Чрезвычайные ситуации

Чрезвычайная ситуация - это совокупность таких обстоятельств, которые возникают в результате стихийных бедствий и катастроф, диверсий или

факторов военного, социального и политического характера. Данные обстоятельства заключаются в резком отклонении от нормы протекающих процессов и оказывают значительное отрицательное воздействие на жизнедеятельность человека, а также на социальную и природную сферы [44].

К основным причинам чрезвычайных ситуаций относят:

- 1) Воздействие технологических процессов промышленного производства на материалы сооружения (нагрузка, высокая температура, давление, вибрация);
- 2) Нарушение правил техники безопасности;
- 3) Ошибки, связанные с системой отбора руководящих кадров, низкого уровня профессиональной подготовки специалистов;
- 4) Результат стихийных бедствий и особо опасных инфекций;
- 5) Воздействие внешних природных факторов, приводящих к старению или коррозии металла;
- 6) Проектно-производственные дефекты сооружений;
- 7) Военные конфликты.

Производственные аварии

В процессе работы в лаборатории могут произойти производственные аварии. В случае пролива кислоты или щелочи необходимо пролитый продукт засыпать песком, затем тщательно промыть. Работу по ликвидации последствий аварии следует производить в резиновых перчатках и резиновом фартуке. После этого помещение необходимо проветрить: включить вентиляцию, открыть окна.

В случае попадания кислоты или щелочи на кожу, необходимо поврежденное место многократно промыть проточной водой, а затем обработать его нейтрализующим средством:

- при попадании на кожу кислоты наложить повязку со слабым раствором питьевой соды (5%);

- при попадании на кожу щелочи следует наложить повязку с 4%-ым раствором уксусной или лимонной кислоты.

В лаборатории должно работать не менее двух человек с тем, чтобы в случае аварии, какого-то несчастного случая (ожогов кислотой, щелочью, порезов и т.д.) пострадавшему была оказана первая медицинская помощь.

Для оказания первой медицинской помощи в лаборатории имеется аптечка, где находятся вата, бинт, йод и другие средства для оказания помощи.

При порезах рук стеклом в первую очередь необходимо пинцетом удалить из раны видимые осколки стекла, затем промыть рану 2%-ым раствором перманганата калия и, смазав рану 5%-ым раствором йода, забинтовать.

При респираторном отравлении необходимо вывести пострадавшего на свежий воздух или в проветриваемое помещение. Пострадавшего надо уложить, создать ему полный покой, укрыть во избежание переохлаждения.

Стихийные бедствия

При стихийных бедствиях необходимо: отключить общий рубильник электроснабжения, оповестить всех работников лаборатории об угрозе возникновения бедствия, получить средства индивидуальной защиты, затем согласно схеме эвакуации из помещения (рис. 5.1), поспешить в безопасное место.

Правовые вопросы обеспечения безопасности

В настоящее время разработка научных основ создания методологии оценки безопасности наноматериалов и комплексного исследования физико-химических и токсических свойств металлических наночастиц связана с их многообразием и с недостатком научных данных, зачастую несопоставимых между собой. Наноматериалы согласно Постановлению гос. сан. врача РФ №54 от 23.07.2007 г. [45] относятся к опасным, если с помощью достоверных данных не доказано обратное.

Сотрудники нанотехнологических производств и лабораторий в первую очередь находятся непосредственно в зоне риска, так как они могут подвергаться большему воздействию наночастиц. Малый размер, высокая мобильность и физико-химическая активность, наличие данных о потенциальной токсичности наночастиц, а также интенсивно развивающееся

нанотехнологическое производство требуют новых подходов к технике безопасности.

В настоящий момент в нормативно-правовой базе РФ отсутствуют утвержденные Госанэпнадзором санитарные нормы и показатели, а также требования и правила безопасности при производстве различных видов наноматериалов, соблюдение которых обеспечило бы промышленную безопасность и охрану труда персонала. Однако при работе в нанотехнологической лаборатории для минимизации риска здоровью персонала следует знать некоторые правила безопасности. В основе концепции методов защиты персонала от попадания наночастиц лежат следующие положения:

1. агломераты наночастиц достигают десятков или сотен микрон, агломерированные наночастицы могут вести себя как микронные пылевидные частицы в разных средах окружающей среды;
2. наночастицы размером менее 10 нм по мобильности и активности могут проявлять себя как молекулы газа.

Учитывая, с одной стороны, поведение наночастиц и их агломератов как мелкодисперсных частиц (более 100 нм) и, с другой стороны, поведение наночастиц (менее 10 нм) как молекул газа, для предотвращения попадания наночастиц в органы дыхания рекомендуется использовать газопылевые фильтрующие средства индивидуальной защиты.

На предприятиях с лабораториями и производством, работающими в запыленных условиях, для создания чистого [46] помещения реализуются следующие технические подходы: технический контроль, очистка (фильтрование) сред (воздух, вода) и использование средств индивидуальной защиты персонала.

Технический контроль на производстве осуществляется с помощью устройств, предотвращающих попадание дисперсных частиц в воздух рабочей зоны, а также вытягивающих частицы из воздуха рабочей зоны.

Расчет искусственного освещения

В лаборатории используют искусственное и естественное освещение, поскольку работа в основном зрительная, то естественного освещения не достаточно, особенно в темное время суток.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда. При выборе типа светильников следует учитывать светотехнические требования, экономические показатели, условия среды.

В помещении в качестве источников искусственного освещения используются люминесцентные лампы типа ОД. Лампы ОД (открытые двухламповые) предназначены для помещений с хорошим отражением потолка и стен, допускаются при умеренной влажности и запыленности. Согласно санитарно – гигиеническим требованиям рабочее место должно освещаться естественным и искусственным освещением. Лаборант постоянно работает за ПК, напрягая при этом зрение. По нормам освещения [47] и отраслевым нормам освещения в помещении при работе с ПК рекомендуется 300 - 500 лк при общем освещении.

Помещение имеет размеры:

- a – длина помещения – 4 м;
- b – ширина – 3 м;
- h – высота – 3 м.

Рекомендуемая освещенность помещения, при среднем контроле различия с тёмным фоном, составляет $E=300\text{лк}$.

Коэффициент отражения светового потока от потолка, стен, соответственно равны: $q_{\text{п}}=70\%$, $q_{\text{с}}=50\%$, $q_{\text{з}}=10\%$. Уровень от рабочей поверхности до потолка составляет: $H = h - h_{\text{р}} - h_{\text{с}}$. $H = 3\text{м} - 0,80\text{м} - 0\text{м} = 2,20\text{ м}$, где $h_{\text{р}}$ - высота рабочей поверхности; $h_{\text{с}}$ - расстояние светильников от перекрытия.

Для освещения используются светильники типа ОД мощностью 40 Вт, для которых оптимальность расположения светильников составляет $\lambda=1,4$. Расчетная длина между двумя рядами светильников: $L = \lambda \cdot h = 1,4 \cdot 2,2 = 3,08$ м.

Число рядов светильников: $n = B/L = 3/3,08 = 0,97$, где B – ширина помещения.

Выбираем $n=1$ ряда светильников. Тогда индекс освещения: $i = \frac{S}{(A+B) \cdot n} = \frac{12}{(4+3) \cdot 1} = 1,7$.

Зная коэффициенты отражения световых потоков от потолка, стен, пола в лаборатории, можно определить коэффициент использования светового потока:

$$\eta = \frac{q_n + q_c + q_3}{3} = \frac{70\% + 50\% + 10\%}{3} = 43\%.$$

Световой поток лампы ЛБ составляет $F_0=2480$ лм. Тогда световой поток светильника ОД, состоящего из двух ламп: $F=2 \cdot F_0=2 \cdot 2480=4960$ лм.

Определим необходимое число светильников в ряду:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot Z \cdot K}{n \cdot F \cdot \eta \cdot \gamma} = \frac{300 \cdot 12 \cdot 1,15 \cdot 1,5}{2 \cdot 4960 \cdot 0,43 \cdot 1} = 2,47 \approx 3,$$

где $Z=1,15$ –коэффициент неравномерности освещения;

$\gamma=1$ – коэффициент затемнения;

$K=1,5$ – коэффициент запаса.

При длине светильника $l_{св}=0,933$ м, их общая длина составляет:

$$l_{общ} = N \cdot l_{св} = 3 \cdot 0,933 = 2,8 \text{ м.}$$

Расстояние между светильниками: $l = \frac{A - l_{общ}}{N + 1} = \frac{4 - 2,8}{3 + 1} = 0,3 \text{ м.}$

Таким образом, в лаборатории необходимо установить три светильника в один ряд (рис. 5.3)

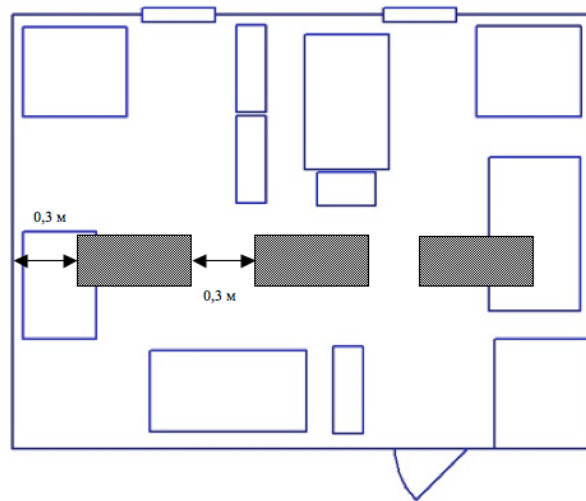


Рис. 5.3. План размещения светильников

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. Godymchuk A.Y., Karepina E.E., Yunda E.N., Bozhko I.A., Lyamina G.V., Kuznetsov D.V., Gusev A.A., Kosova N.I. Aggregation of manufactured nanoparticles in aqueous solutions of mono- and bivalent electrolytes // Journal of Nanoparticle Research. - 2015 - Vol. 17 - №. 5, Article number 211. - p. 1-8
2. Godymchuk A.Y., Karepina E.E., Yunda E.N., Lyamina G.V., Kosova N.I., Kuznetsov D.V. Stability study of ZnO nanoparticles in aqueous solutions of carboxylate anions // Journal of Nanoparticle Research. - 2015 - Vol. 17 - №. 3, Article number 123. - p. 1-8
3. Godymchuk A.Y., Yunda E.N., Kosova N.I., Karepina E.E., Kuznetsov D.V., Gusev A.A., Arzamastseva E.Y. Dispersions of Engineered Nanoparticles in Physiological Liquids // Advanced Materials Research. - 2015 - Vol. 1085. - p. 363-369
4. Godymchuk A.Y., Yunda E.N., Kuznetsov D.V., Gusev A.A., Kosova N.I. Characterization of Electroexplosive Zinc Nanopowders in Aqueous Suspensions // Advanced Materials Research. - 2015 - Vol. 1085. - p. 54-62
5. Godymchuk A.Y., Frolov G.A., Gusev A.A., Zakharova O.V., Yunda E.N., Kuznetsov D.V., Kolesnikov E.A. Antibacterial Properties of Copper Nanoparticle Dispersions: Influence of Synthesis Conditions and Physicochemical Characteristics // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. - 2015 - Vol. 98, Article number 012033. - p. 1-8
6. Godymchuk A.Y., Galanina E.V., Yunda E.N. Public and Scientific Community Attitudes towards Nanotechnology Applications // The 26th International Business Information Management Association Conference: Proceedings IBIMA, Madrid, November 11-12, 2015. - CIIA: IBIMA, 2015 - p. 2466-2476
7. Yunda E.N., Godymchuk A.Y., Kosova N.I., Kuznetsov D.V., Kondakov S.E. Surface-reactivity of metal and metal oxide nanoparticles in aqueous solutions // International Congress on Safety of Engineered Nanoparticles and Nanotechnologies: Programme and Abstracts, Helsinki, April 12-15, 2015. - Helsinki: FIOH, 2015 - p. 56

8. Karepina E.E., Yunda E.N., Godymchuk A.Y., Kuznetsov D.V. Exposure of Metal Nanoparticles to Simulated Biological Fluids: Strong Degradation or High Persistence? // 8th National Conference of Undergraduates on Innovation and Entrepreneurship: Book of Academic Works, Harbin, September 19-20, 2015. - Harbin: HUST, 2015 - p. 994-1001
9. Godymchuk A.Y., Karepina E.E., Kuznetsov D.V., Kondakov S.E., Yunda E.N. Aggregation of aluminum nanoparticles in different electrolytes // International Congress on Safety of Engineered Nanoparticles and Nanotechnologies: Programme and Abstracts, Helsinki, April 12-15, 2015. - Helsinki: FIOH, 2015 - p. 54
10. Godymchuk A.Y., Karepina E.E., Yunda E.N., Kosova N.I., Kuznetsov D.V., Gusev A.A. Preparation of stable Al₂O₃ nanoparticles dispersions in aqueous solutions of carboxylate anions // International Conference on Nanoscience, Nanotechnology and Advanced Materials: Abstracts, Rushikobda, December 14-17, 2015. - Rushikobda: Gitam University, 2015 - p. 39
11. Юнда Е.Н. Влияние условий пробоподготовки на свойства металлических наночастиц в модельных биологических растворах // Функциональные материалы: разработка, исследование, применение: сборник тезисов докладов III Всероссийского конкурса научных докладов студентов, Томск, 26-27 Мая 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - С. 110
12. Юнда Е.Н., Годымчук А.Ю., Кузнецов Д.В., Гусев А.А., Фролов Г.А. Антибактериальные свойства водных суспензий наночастиц Cu₂O // Тенденции развития техники и технологий: сборник статей международной научно-технической конференции, Тверь, 17-19 Февраля 2015. - Тверь: НДМ, 2015 - С. 91-94
13. Юнда Е.Н., Годымчук А.Ю., Кузнецов Д.В. Электрокинетический анализ суспензий наночастиц [Электронный ресурс] // Перспективы развития фундаментальных наук: сборник трудов XII Международной конференции студентов и молодых ученых, Томск, 21-24 Апреля 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - С. 1158-1160 - http://science-persp.tpu.ru/Previous%20Materials/Konf_2015.pdf

14. Юнда Е.Н. Прогнозирование биологического эффекта промышленных наночастиц на основе их физико-химической активности // Функциональные материалы: разработка, исследование, применение: сборник тезисов докладов III Всероссийского конкурса научных докладов студентов, Томск, 26-27 Мая 2015. - Томск: ТПУ, 2015 - С. 11
15. Yunda E.N., Herting G., Odnevall Wallinder I., Godymchuk A.Y. Release and stability of aluminum metal nanoparticles in surface water: effects of particle loading [Electronic resorces] // Перспективы развития фундаментальных наук: сборник научных трудов XI Международной конференция студентов и молодых ученых, Томск, 22-25 Апреля 2014. - Томск: ТПУ, 2014 - С. 1004-1006. - Mode of access: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2014/C21/C21.pdf>
16. Юнда Е.Н., Годымчук А.Ю. Влияние условий приготовления суспензий на электроповерхностные свойства наночастиц [Электронный ресурс] // Ресурсоэффективным технологиям – энергию и энтузиазм молодых: сборник научных трудов V Всероссийской конференции студентов элитного технического образования , Томск, 25-27 Марта 2014. - Томск: ТПУ, 2014 - С. 90-92. - Режим доступа: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2014/C08/C08.pdf>

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Engler A.J., Sen S., Sweeney H.L., Discher D.E. Matrix Elasticity Directs Stem Cell Lineage Specification // *Cell*. – 2006. – Vol. 126. – P. 677-689.
2. Lutolf M.P., Hubbell J.A. Synthetic biomaterials as instructive extracellular microenvironments for morphogenesis in tissue engineering // *Nature Biotechnology*. – 2005. – Vol. 23. – P. 47-55.
3. Mehling M., Tay S. Microfluidic cell culture // *Current Opinion in Biotechnology*. – 2014. – Vol. 25. – P. 95-102 .
4. Jing J., Fournier A., Szarpak-Jankowska A., Block M.R., Auzély-Velty R. Type, Density, and Presentation of Grafted Adhesion Peptides on Polysaccharide-Based Hydrogels Control Preosteoblast Behavior and Differentiation // *Biomacromolecules*. – 2015. – Vol. 16. – P. 715-722.
5. Mergy J., Fournier A., Hachet E., Auzély-Velty R. Modification of polysaccharides via thiol-ene chemistry: A versatile route to functional biomaterials // *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*. – 2012. – Vol. 50. – P. 4019-4028.
6. Toole B.P. Hyaluronan: from extracellular glue to pericellular cue // *Nature Reviews Cancer*. – 2004. – Vol. 4. – P. 528-539.
7. Highley C.B., Prestwich G.D., Burdick J. A. Recent advances in hyaluronic acid hydrogels for biomedical applications // *Current Opinion in Biotechnology*. – 2016. – Vol. 40. – P. 35-40.
8. Hachet E., Van Den Berghe H., Bayma E., Block M.R., Auzély-Velty R. Design of Biomimetic Cell-Interactive Substrates Using Hyaluronic Acid Hydrogels with Tunable Mechanical Properties // *Biomacromolecules*. – 2012. – Vol. 13. – P. 1818-1827.
9. Auzely-Velty R. et al. Optimizing hyaluronic acid hydrogels as a matrix for adhesion, growth and differentiation of neural progenitor cells in 3D // *ACS Applied Materials & Interfaces*. – 2016. – Manuscript ID: am-2016-06446e, submitted.
10. Suri S., Schmidt C.E. Photopatterned collagen–hyaluronic acid interpenetrating polymer network hydrogels // *Acta Biomaterialia*. – 2009. – Vol. 5. – P. 2385-2397.
11. Bian, S. et al. The self-crosslinking smart hyaluronic acid hydrogels as injectable three-dimensional scaffolds for cells culture // *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. – 2016. – Vol. 140. – P. 392-402.

- 12.Liang Y., Walczak P., Bulte J.W.M. The survival of engrafted neural stem cells within hyaluronic acid hydrogels // *Biomaterials*. – 2013. – Vol. 34. – P. 5521-5529.
- 13.Alom Ruiz S., Chen C.S. Microcontact printing: A tool to pattern // *Soft Matter*. – 2007. – Vol. 3. – P. 168-177.
- 14.Tian D., Song Y., Jiang L. Patterning of controllable surface wettability for printing techniques // *Chemical Society Reviews*. – 2013. – Vol. 42. – P. 5184-5209.
- 15.Suh K.Y., Khademhosseini A., Yang J.M., Eng G., Langer R. Soft Lithographic Patterning of Hyaluronic Acid on Hydrophilic Substrates Using Molding and Printing // *Advanced Materials*. – 2004. – Vol. 16. – P. 584-588.
- 16.Kito H., Matsuda T. Biocompatible coatings for luminal and outer surfaces of small-caliber artificial grafts // *Journal of Biomedical Materials Research*. – 1996. – Vol. 30. – P. 321-330.
- 17.Kufelt O., El-Tamer A., Sehring C., Schlie-Wolter S., Chichkov B.N. Hyaluronic Acid Based Materials for Scaffolding via Two-Photon Polymerization // *Biomacromolecules*. – 2014. – Vol. 15. – P. 650-659.
- 18.Kesti M. et al. A versatile bioink for three-dimensional printing of cellular scaffolds based on thermally and photo-triggered tandem gelation // *Acta Biomaterialia*. 2015. – Vol. 11. – P. 162-172.
- 19.Highley C.B., Rodell C.B., Burdick J. A. Direct 3D Printing of Shear-Thinning Hydrogels into Self-Healing Hydrogels // *Advanced Materials*. – 2015. – Vol. 27. – P. 5075-5079.
- 20.Khademolhosseini F., Chiao M. Fabrication and Patterning of Magnetic Polymer Micropillar Structures Using a Dry-Nanoparticle Embedding Technique // *Journal of Microelectromechanical Systems*. – 2013. – Vol. 22. – P. 131-139.
- 21.Wei J. et al. Fabrication of adjacent micropillar arrays with different heights for cell studies // *Microelectronic Engineering*. – 2016. – Vol. 158. – P. 22-25.
- 22.Campbell D.J. et al. Replication and Compression of Surface Structures with Polydimethylsiloxane Elastomer // *Journal of Chemical Education*. – 1999. – Vol. 76. – P. 537-541.
- 23.Saez A., Buguin A., Silberzan P., Ladoux B. Is the Mechanical Activity of Epithelial Cells Controlled by Deformations or Forces? // *Biophysical Journal*. – 2005. – Vol. 89. – P. L52-L54.

24. Buxboim A., Discher D.E. Stem cells feel the difference // *Nature Methods*. – 2010. – Vol. 7. – P. 695-697.
25. Ghassemi S. et al. Fabrication of elastomer pillar arrays with modulated stiffness for cellular force measurements // *Journal of Vacuum Science & Technology B*. – 2008. – Vol. 26. – P. 2549-2553.
26. le Digabel, J. et al. Magnetic micropillars as a tool to govern substrate deformations // *Lab on a Chip*. – 2011. – Vol. 11. – P. 2630-2636.
27. Sniadecki N.J., Anguelouch A., Yang M.T., Lamb C.M., Liu Z. Magnetic microposts as an approach to apply forces to living cells // *PNAS*. – 2007. – Vol. 104. – P. 14553-14558.
28. Sniadecki N.J., Lamb C.M., Liu Y., Chen C.S., Reich D.H. Magnetic microposts for mechanical stimulation of biological cells: Fabrication, characterization, and analysis // *Review of Scientific Instrument*. – 2008. – Vol. 79. – Article number 044302.
29. Drotlef D.-M., Blümner P., del Campo A. Magnetically Actuated Patterns for Bioinspired Reversible Adhesion (Dry and Wet) // *Advanced Materials*. – 2014. – Vol. 26. – P. 775-779.
30. Evans B.A. et al. Magnetically Actuated Nanorod Arrays as Biomimetic Cilia // *Nano Letters*. – 2007. – Vol. 7. – P. 1428-1434.
31. Gao Y. et al. Three Dimensional and Homogenous Single Cell Cyclic Stretch within a Magnetic Micropillar Array (mMPA) for a Cell Proliferation Study // *ACS Biomaterials Science & Engineering*. – 2016. – Vol. 2. – P. 65-72.
32. Millan A., Palacio F., Snoeck E., Serin V., Lecante P. in *Polymer Nanocomposites* (ed Y.W. Mai, Yu, Z.Z.) Ch. 17, 440-483 (CRC Press Woodhead, 2006).
33. Toepke M.W., Beebe D.J. PDMS absorption of small molecules and consequences in microfluidic applications // *Lab on a Chip*. – 2006. – Vol. 6. – P. 1484-1486.
34. Qu H., Caruntu D., Liu H., O'Connor C.J. Water-Dispersible Iron Oxide Magnetic Nanoparticles with Versatile Surface Functionalities // *Langmuir*. – 2011. – Vol. 27. – P. 2271-2278.
35. Revzin A. et al. Fabrication of poly(ethylene glycol) hydrogel microstructures using photolithography // *Langmuir*. – 2001. – Vol. 17. – P. 5440-5447.

36. Starly B., Chang R., Sun W. in The 27th Annual International Solid Freeform Fabrication Symposium – An Additive Manufacturing Conference 102-110 (Laboratory for Freeform Fabrication and University of Texas at Austin).
37. Chandra D., Yang S. Stability of High-Aspect-Ratio Micropillar Arrays against Adhesive and Capillary Forces // *Accounts of Chemical Research*. – 2010. – Vol. 43. – P. 1080-1091.
38. Anseth K.S., Bowman C.N., Brannon-Peppas L. Mechanical properties of hydrogels and their experimental determination // *Biomaterials*. – 1996. – Vol. 17. – P. 1647-1657.
39. Wu W., He Q., Jiang C. Magnetic Iron Oxide Nanoparticles: Synthesis and Surface Functionalization Strategies // *Nanoscale Research Letters*. – 2008. – Vol. 3. – P. 397-415.
40. Техника защиты окружающей среды / Н.С.Торочешников и др.- М.: Химия, 1981.-368с.
41. Приказ Минтруда России от 24.07.2013 N 328н "Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок".
42. Федеральный закон. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности № 123-ФЗ от 22 июля 2008 года.
43. Экология наноматериалов: учебное пособие / А.Ю. Годымчук, Г.Г. Савельев, А.П. Зыкова; под ред. Л.Н. Патрикеева и А.А. Рвиной. — М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012.—272 с.
44. Ю.М. Воздвиженский. Безопасность жизнедеятельности на предприятиях связи в чрезвычайных ситуациях // Учебное пособие. – Министерство Российской Федерации по связи и информатизации, Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича. Режим доступа: <http://dvo.sut.ru/libr/eibzd/i131vozdz/>.
45. Постановление гос. сан. врача РФ №54 от 23.07.2007 г. "О надзоре за продукцией, полученной с использованием нанотехнологий и содержащей наноматериалы".
46. ГОСТ ИСО 14644-1-2002. Чистые помещения и связанные с ними контролируемые среды.
47. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.