



УДК625.1  
ББК39.211  
П 429

**Сборник тезисов участников форума «Наука будущего – наука молодых»** – Севастополь, 2015. – Том 2, 447 с.

В сборнике собраны тезисы докладов участников Международного научного форума «Наука будущего – наука молодых», организованного Министерством образования и науки Российской Федерации (29 сентября - 02 октября 2015 года, г. Севастополь).

Участники форума - ученые с мировым именем, ведущие молодые ученые, студенты-победители конкурса научно-исследовательских работ студентов (НИРС).

Доклады представлены на секциях:

1. Безопасная и эффективная энергетика
2. Новые материалы, производственные технологии и процессы
3. Науки о жизни, экология и медицина
4. Машиностроение, транспортные и космические системы
5. Информационные технологии и вычислительные системы
6. Агро-, био- и продовольственные технологии
7. Науки о Земле и рациональное природопользование
8. Химия и химические технологии
9. Математика и механика
10. Физика и астрономия
11. Гуманитарные и социальные науки

Включенные в сборник произведения представлены в авторской редакции.

ISBN 978-5-9907236-2-7 (т. 2)  
ISBN 978-5-9907236-0-3

© ООО «Инконсалт К», 2015

**«НАУКА БУДУЩЕГО – НАУКА МОЛОДЫХ»**

# СБОРНИК ТЕЗИСОВ УЧАСТНИКОВ ФОРУМА

Дирекция форума ООО «Инконсалт К»  
Издательство - Инконсалт К  
115035 г. Москва,  
3-й Кадашевский пер., д.6

формы, требующей предварительного растворения в жидкости, а также содержащей вещества, всасывающиеся преимущественно в желудке.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что модельная смесь гранул «Метсилев» по всем показателям отвечает требованиям ГФ на лекарственную форму «Гранулы».

Список использованных источников:

1. Банькова, Е.М. Острый тубулоинтерстициальный нефрит у лиц пожилого и старческого возраста / Е.М. Банькова, С.А. Петров // Вопросы гериатрии в практическом здравоохранении: Материалы Республиканской научно-практической конференции, посвященной дню пожилых людей «Вопросы гериатрии в практическом здравоохранении» (16 окт. 2014 г., г. Минск). – Минск БелМАПО, 2014. – С. 16-18.
2. Звенигородская, Л.А. Применение гепатопротекторов в лечении неалкогольной жировой болезни печени / Л.А. Звенигородская, Е.А. Черкашина // Фарматека. К VI Национальному конгрессу терапевтов. – 2011. – №15 (228). – С. 58-63.
3. Официальные данные Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gks.ru/demography/#>. – Загл. с экрана.
4. Щекатихина, А. С. Получение биологически активных веществ из семян расторопши пятнистой (*Silybum marianum* (L.)) / А. С. Щекатихина, Т. М. Власова, В. П. Курченко // Труды БГУ. – 2008. – Т.3, ч.1.
5. Ярыгина, В.Н. Руководство по геронтологии и гериатрии: Т. 1. Основы геронтологии. Общая гериатрия / В.Н. Ярыгина, А.С. Мелентьева. – М. : ГЭОТАРМедиа, 2010. – 720 с.

#### ДОКЛАДЧИК:

Шаповалова Елена  
Григорьевна  
(Shapovalova Yelena G.)

#### НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Биосовместимые композиционные материалы на основе полиэфиров и минерального наполнителя  
Biocompatible composite materials based on polyesters and mineral filler

#### ОРГАНИЗАЦИЯ:

ГБОУ ВПО Курский  
государственный медицинский  
университет  
(Kursk State Medical University)

#### АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Шаповалова Елена Григорьевна  
(Shapovalova Yelena G.)  
Лыткина Дарья Николаевна  
(Lytkina Daria N.)  
Рассказова Людмила Алексеевна  
(Rasskazova Liudmila A.)

#### ТЕЗИСЫ:

##### Аннотация

Актуальность исследования заключается в необходимости создания новых материалов, которые применяются в медицине для замещения поврежденной костной ткани. Целью работы является получение биосовместимых композиционных материалов на основе полилактида (ПЛ) и гидроксиапатита (ГА) и пилотное исследование взаимодействия ПЛ, ГА и композита ПЛ-ГА с первичными моноцитами человека *in vitro*. Пилотные эксперименты с культивированием моноцитов человека на поверхности образцов показали, что композит ПЛ-ГА может стимулировать выделение противовоспалительных цитокинов, что указывает на наличие противовоспалительных свойств композита.

##### Annotation

Relevance of the work is due to the need for new materials that are used in medicine as a substitute for natural bone tissue injuries, fractures, etc. The aim of the work is to obtain composites with improved biocompatible properties based on poly-L-lactide (PL) and hydroxyapatite (HA) and to perform pilot analysis of interaction PL, HA, composite PL-HA with primary human monocytes-derived macrophages *in vitro*. The pilot experiments using human primary monocytes cultivated on the surface of the samples demonstrated that PL-HA can stimulate release of anti-inflammatory cytokines that indicates the presence of potential anti-inflammatory properties of the composites.

**Ключевые слова:** биосовместимость; композиционные материалы; полилактид; гидроксиапатит; противовоспалительная активность; моноциты; макрофаги

**Keywords:** biocompatibility; composite materials; polylactide; hydroxyapatite; anti-inflammatory activity; monocytes; macrophages

Задача сохранения жизни и укрепления здоровья человека является первоочередной для современной биомедицинской науки. Уровень травматизма в Российской Федерации составляет 8730,3 случаев на 100 тыс. взрослого населения, то есть каждый год на 100 человек приходится примерно 9 травм. Среди всех причин первичной инвалидности и смертности травмы занимают третье место, а у лиц трудоспособного возраста – первое место. Несмотря на успешное внедрение технологии имплантации, отторжение имплантатов вызванное как хроническим

воспалением, так и ремоделингом ткани неизвестной природы является одной из основных проблем регенеративной медицины. Наиболее актуальной междисциплинарной задачей является создание новых материалов для имплантатов или их покрытий и разработка недорогих технологий их получения. В качестве материалов, способных заменять и восстанавливать поврежденную костную ткань в настоящее время, используется большое количество различных материалов и композиций, таких как металлы и их сплавы, керамика, специальные виды стекла и различные полимеры. До 40% металлических имплантатов от разных производителей требуют замены после пяти лет службы, поэтому в последние годы стремительно распространяются идеи полной регенерации костной ткани. Подход, основанный на принципе естественной регенерации, включает поиск и разработку биоматериалов, полностью резорбируемых в организме без сохранения инородных частей имплантата и без риска проведения повторных операций.

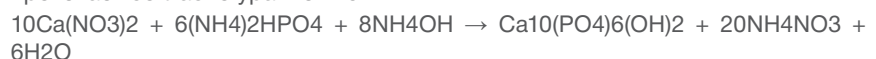
В настоящее время активно проводятся разработки биокмозитов на основе полилактида и гидроксиапатита, обладающих всеми требуемыми для применения их в качестве костных заменителей свойствами [1], важнейшими из которых являются близкая к прочности кости механическая прочность и отсутствие отрицательных реакций организма на инородный материал. Кроме того, материалы на основе ПЛ и ГА деградируют со скоростью, достаточной для заживления костного дефекта, а нетоксичные продукты их распада естественным путём выводятся из организма.

Уникальным подходом к созданию композитов является осуществление новых способов синтеза индивидуальных компонентов и приготовления их смесей. В качестве основных научно-технических результатов будут получены биоразлагаемые материалы медицинского назначения, из которых можно легко формовать биосовместимые изделия с заданным комплексом функциональных свойств. Материалы на основе полилактида снижают риск отторжения имплантата и могут обладать противовоспалительными свойствами. Однако наиболее актуальным является усовершенствование свойств данных материалов и тщательное исследование их взаимодействия с иммунной системой человека, и прежде всего с клетками врожденного иммунитета как находящимися в тканях (резидентными), так и мигрирующими в ткани из кровотока в ответ на травматические повреждения и в результате присутствия в ткани чужеродного тела (имплантата) или продуктов его деградации.

Важной оценкой биосовместимости синтетических материалов является реакция клеток иммунной системы на композит. Методика [2] позволяет быстро и достоверно оценить наличие воспалительных реакций на материал клеток иммунной системы человека – макрофагов. В зависимости от окружения макрофаги могут модифицировать свою активность и исполнять роль про- и противовоспалительных агентов. М1 макрофаги на действие чужеродных агентов отвечают классической активацией, т.е. продукцией цитокинов провоспалительного профиля, для макрофагов М2 характерна альтернативная активация – продуцирование противовоспалительных цитокинов. После контакта клеток иммунной системы с материалом методом иммуноферментного анализа (ИФА) можно определить уровень высвобождаемых цитокинов, что позволяет судить об активации клеток и их реакции на исследуемый материал.

Цель работы заключается как в создании композитов на основе ПЛ и ГА, так и в исследовании их противовоспалительной активности на макрофагах крови человека.

Гидроксиапатит получали жидкофазным способом по методике [3]. Реакция протекает согласно уравнению:



Полилактид получали из лактида [4] ионной полимеризацией с раскрытием циклов L-лактида в присутствии октаноата олова:

Молекулярную массу полилактида определяли, используя метод гелепроникающей хроматографии. М полилактида составила 60000.

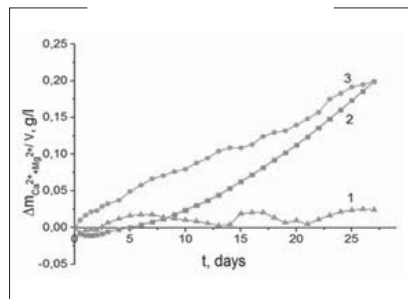
Композит ПЛ-ГА получали смешением раствора полилактида в хлороформе и порошка гидроксиапатита, затем полученную суспензию обрабатывали ультразвуком с частотой 40кГц и высушивали до полного испарения растворителя при комнатной температуре.

Для оценки способности композита образовывать новый кальций-фосфатный слой на своей поверхности провели SBF-исследование. Для этого образцы композита ПЛ-ГА и таблетки, сформованные из ГА и ПЛ, поместили в SBF раствор, который по своему минеральному составу и

концентрации ионов идентичен плазме крови человека [5].

Подложки выдерживали в SBF растворе при 37°C в течение 28 суток с ежедневным обновлением раствора. Скорость формирования кальций-фосфатного слоя на поверхности подложек оценивали по уменьшению суммарной концентрации ионов кальция и магния ( $\Delta C(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ , ммоль/л) в SBF растворе. По результатам измерений суммарной концентрации ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  в растворе строили кинетические кривые ( $\Delta C(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})$ , ммоль/л –  $t$ , сут) их накопления на поверхностях подложек из SBF раствора (рис. 1).

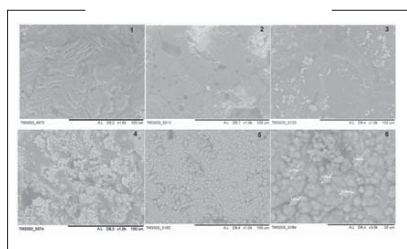
Рис. 1 - Кинетические кривые накопления ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  на поверхностях ПЛ (1), композита ПЛ-ГА (2) и ГА (3) из SBF раствора



Анализ кинетических кривых показывает, что на поверхности чистого ГА (Рис. 1, 3) происходит активная адсорбция ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  из SBF раствора в течение всего времени выдерживания подложек в растворе. Заметная убыль ионов кальция с поверхности композита ПЛ-ГА (Рис. 1, 2) в первые 48 часов выдерживания подложек в растворе обусловлена относительно высокой растворимостью гидрофосфата кальция  $\text{CaHPO}_4$ . Появление фазы гидрофосфата кальция объясняется частичным разложением ГА под влиянием кислой среды, которая образуется при гидролизе ПЛ. Начиная со вторых суток, происходит адсорбция ионов кальция из раствора на поверхности подложек композита ПЛ-ГА, что связано с наличием фазы ГА в составе композита. Скорость процесса формирования кальций-фосфатного слоя на поверхности чистого ГА выше, чем на поверхности композита 1, о чем свидетельствует большее значение угла наклона зависимости 3. На поверхности чистого ПЛ (Рис. 1, 1) происходят незначительные процессы адсорбции-десорбции ионов кальция из SBF раствора, о чем свидетельствуют небольшие изменения концентрации ионов  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  в растворе. Формирование кальций-фосфатного слоя на поверхности подложек происходит согласно механизму, предложенному в [6].

Рис. 2 - Динамика роста кальций-фосфатного слоя на поверхности композита ПЛ-ГА:

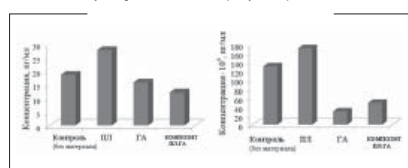
1 – до выдерживания в SBF растворе, 2 – после 7 суток; 3 – после 14-и; 4 – после 21-х; 5-6 – после 28-и суток выдерживания в SBF растворе. Увеличение  $\times 1000$  (1-5) и  $\times 3000$  (6)



Биосовместимость и противовоспалительную активность ГА и композитов ПЛ-ГА изучали на клеточно-опосредованный иммунный ответ индивидуальных доноров *in vitro*, используя  $\text{CD14}^+$  моноциты человека.

Для исследования воспалительной реакции на материал композитов *in vitro*  $\text{CD14}^+$  моноциты крови человека выделяли из лейкоцитарной пленки [2] и культивировали на поверхности образцов в бесывороточной среде в течение 6 дней. На 6-ые сутки культивирования отбирали пробы и измеряли концентрации  $\text{TNF-}\alpha$ ,  $\text{CCL18}$  по методике иммуноферментного анализа. Результаты ИФА представлены на рис. 1.

Рис. 3 - Влияние ПЛ, ГА и композита ПЛ-ГА на выделение макрофагами  $\text{TNF-}\alpha$  в присутствии  $\text{IFN-}\gamma$  (слева),  $\text{CCL18}$  в присутствии  $\text{IL-4}$  (справа).



Результаты ИФА показали, что незначительное выделение цитокинов провоспалительного типа ( $\text{TNF-}\alpha$ ) (Рис. 3) наблюдается в контрольном образце (без материала), а также в присутствии ГА, ПЛ и композита ПЛ-ГА. Количество цитокинов, выделившееся макрофагами в присутствии ГА и композита ПЛ-ГА, не превышает концентрации  $\text{TNF-}\alpha$  в контрольном образце, т.е. эти материалы не вызывают отрицательного клеточного ответа. Концентрация провоспалительных цитокинов в присутствии ПЛ выше, чем в контрольном образце, но не превышает нормы (более 40 пкг/мл). Выделению противовоспалительных цитокинов ( $\text{CCL18}$ ) способствует ПЛ на 6-ой день культивирования, что может свидетельствовать о проявлении потенциальных противовоспалительных свойств полимерного материала.

Таким образом, получены биосовместимые композиты на основе полилактида и гидроксиапатита путем смешения раствора полимера с последующим диспергированием ультразвуком. Проведена оценка биологической активности гидроксиапатита, полилактида и композита ПЛ-ГА в модельном SBF-растворе при 37°C в течение 28 суток. На поверхности композита в SBF растворе происходит рост нового кальций-фосфатного слоя, что подтверждают данные СЭМ. Подложка из чистого ПЛ не способствует росту кальций-фосфатного слоя. Композит ПЛ-ГА в сравнении с чистыми материалами ПЛ, ГА исследовали на клеточно-опосредованный иммунный ответ индивидуальных доноров *in vitro*, используя  $\text{CD14}^+$  моноциты человека. Установлено, что чистый полилактид способствует выделению как про-, так и противовоспалительных цитокинов макрофагов. Гидроксиапатит является инертным материалом, не вызывающим выделения цитокинов. Композит ПЛ-ГА стимулирует выделение только противовоспалительного цитокина, что говорит о потенциальном наличии противовоспалительных свойств у композитов. Предлагаемый проект является актуальным как с медицинской, так и социальной точек зрения. Результаты проведенных исследований позволяют разработать новые научные и технологические подходы к созданию новых композиционных биоматериалов на основе полимеров на основе полилактида, полигликолида, сополимеров лактида и гликолида, которые

положительно скажутся на развитии травматологической отрасли отечественной медицины.

Исследования проведены при поддержке Лаборатории каталитических исследований ТГУ, Лаборатории трансляционной клеточной и молекулярной биомедицины. Работа выполнена при частичной финансовой поддержке проекта Российского фонда фундаментальных исследований РФФИ # 15-08-05496\_а.

#### Список литературы:

1. Goswami J. Processing and characterization of poly(lactic acid) based bioactive composites for biomedical scaffold application // J. eXPRESS Polymer Letters. – 2013. – V.7. – №. 7. – P. 767–777.
2. Kzhyshkowska J. Stabilin-1 localizes to endosomes and the trans-Golgi network in human macrophages and interacts with GGA adaptors // J. of Leukocyte Biology. – 2004. – V. 76. – P. 1151–1161.
3. Рассказова Л.А. СВЧ-синтез гидроксиапатита и физико-химическое исследование его свойств // Журнал прикладной химии. – 2013. – Т.86. – №5. – С. 744–748.
4. Поздняков М.А. Синтез и идентификация лактида и гликолида // Материалы X международной конференции студентов и молодых учёных «Перспективы развития фундаментальных наук». – Томск. 23–26 апреля, 2013. – С. 421–423.
5. Kokubo T. Bioactive glass ceramics: properties and applications // Biomaterials. – 1991. – № 12. – P. 155–163.
6. Tanahashi M. Surface functional groups dependence on apatite formation on self-assembled monolayers in a simulated body fluid / M. Tanahashi, T. Matsuda // J Biomed Mater Res. – 1997. – № 34. – P. 305–315.

#### ДОКЛАДЧИК:

Шляхтин Дмитрий Евгеньевич  
(Shlyakhtin Dmitry)

#### НАЗВАНИЕ ДОКЛАДА:

Разработка энергосберегающей и малогабаритной установки для очистки судовых балластных вод в соответствии с международной конвенцией.

Development of energy-saving and compact installation for the cleaning of ships ' ballast water in accordance with the international Convention

#### ОРГАНИЗАЦИЯ:

«Волжский государственный университет водного транспорта»  
(Volga state university of water transport)

#### АВТОР(Ы) ДОКЛАДА:

Шляхтин Дмитрий Евгеньевич  
(Shlyakhtin Dmitry)

#### ТЕЗИСЫ:

##### Аннотация

Одной из экологических проблем в нашей современности является перенос чужеродных видов живых организмов в другие части света вместе с балластными водами судов. При попадании в новую среду обитания живые микроорганизмы быстро размножаются, нанося опустошительный урон экосистемам, местным экономикам и здоровью людей. В связи с этой проблемой Международная морская организация (ИМО) приняла Конвенцию о контроле судовых балластных вод, осадков и операций с ними, в соответствии с которой в ближайшее время поэтапно будут внедряться требования по обеззараживанию балластной воды.

##### Annotation

One of the environmental problems in our time is the transfer of alien species in other parts of the world together with the ballast water of ships. When released into a new environment living microorganisms multiply rapidly, causing devastating damage to ecosystems, local economies and human health. In connection with this problem, the international Maritime organization (IMO) adopted the Convention on the control of ships ' ballast water, sediment and transactions, according to which in the near future will be gradually introduced requirements for disinfection of ballast water.

**Ключевые слова:** энергосберегающая и малогабаритная установка; очистка судовых балластных вод; международная конвенция; экология.

**Keywords:** energy saving and compact installation; cleaning of ships ' ballast water; international Convention; ecology.

Анализ существующей ситуации: большинство судов мирового флота не имеет установок очистки балластных вод, поэтому в борьбу за рынок этих установок включились Германия, США, Япония, Китай, Великобритания, Россия и т.д. Предложенные устройства содержат 19 методов очистки балластных вод (одобренные ИМО), которые имеют общие для всех недостатки в виде высоких массогабаритных показателей