

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования «Витебский государственный технологический

678.1677.026+61] университет»

УДК 621.762

№ госрегистрации 20141198

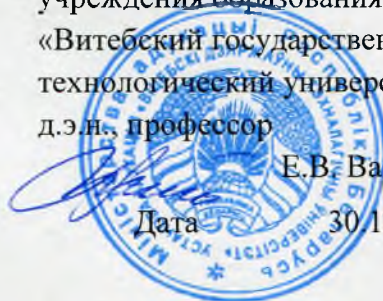
ИНВ.№

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе  
учреждения образования  
«Витебский государственный  
технологический университет»,  
д.э.н., профессор

Е.В. Ванкевич

Дата 30.12.2015



ОТЧЕТ

по научно-исследовательской работе

Синтез и исследование нетканых наноразмерных материалов, полученных  
электроформованием для медицинских, ветеринарных и биологических приложений

2015 – Г/Б-309

(заключительный)


Начальник НИЧ

  
29.12.2015

С.А. Беликов

Научный руководитель

к.т.н., доц.

  
29.12.2015

И.С. Алексеев

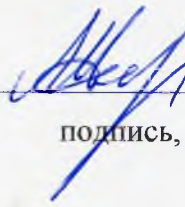
Витебск, 2015



СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Научный Руководитель темы:

Доцент, кандидат техн. наук


 28.12.15  
подпись, дата

И.С.Алексеев  
(раздел 6,8,10,11,  
12,13,14,21.3  
заключение)

Исполнители темы:

Вед. научн. сотр.


кандидат хим. наук

 28.12.15  
подпись, дата

С.Г.Степин  
(раздел 9,11.1)

Старш. научн. сотр.

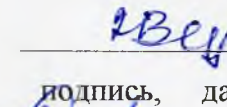
кандидат хим. наук

 28.12.15  
подпись, дата

Н.И. Миклис  
(раздел 19,20)

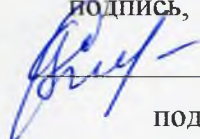
Старш. научн. сотр.

кандидат вет. наук, проф.

 28.12.15  
подпись, дата

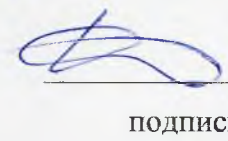
Э.И. Веремей  
(раздел 22)

Инженер

 28.12.15  
подпись, дата

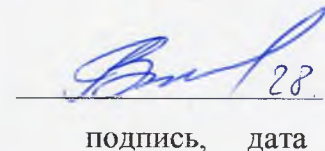
В.С. Алексеева  
(введение, реферат,  
раздел 21.4, 21.5)

Инженер

 28.12.15  
подпись, дата


И.А. Дорошенко  
(раздел 1,2,3,4,7,15,  
16,17,18,21.1)

Лаборант

 28.12.15  
подпись, дата

В.А. Плакучев  
(раздел 5, 21.2)

Нормоконтроль

 29.12.15  
подпись, дата

А. Н. Голубев



## РЕФЕРАТ

Отчет 186 с., 118 рис., 26 табл., 119 источников., 1 приложение.

НАНОВОЛОКНА, БИОСОВМЕСТИМЫЙ МАТЕРИАЛ, БИОДЕГРАДИРУЕМЫЕ ПОЛИМЕРЫ, НЕТКАННЫЙ НАНОВОЛОКНИСТЫЙ МАТЕРИАЛ, ПЕРЕВЯЗОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ, БАКТЕРИЦИДНЫЙ МАТЕРИАЛ, ЭЛЕКТРОФОРМОВАНИЕ

Объектом исследования является биodeградируемые полимерные нетканые материалы.

Целью работы является получение и исследование биodeградируемых полимерных нетканых наноматериалов с бактерицидными свойствами.

В результате анализа научной и патентной документации обосновано применение электроформования, как наиболее технологичного и гибкого метода для получения материалов с требуемыми параметрами.

Производство нетканых волокнистых материалов из биосовместимых и биodeградируемых полимеров открывает широкие перспективы для их использования в медицинских приложениях при создании перевязочных средств, заменителей тканей, систем контролируемой доставки лекарственных средств и др. Одной из актуальных задач современной медицины является лечение обширных ожоговых поверхностей различного генеза, длительно незаживающих ран и трофических язв. К используемым перевязочным средствам предъявляются высокие требования по физико-химическим свойствам, таким как создание оптимальной микросреды для заживления ран, способность предотвращать проникновение микроорганизмов, воздухопроницаемость, эластичность, отсутствие токсического действия, удобство стерилизации и использования и др. Существующие перевязочные средства «раневые покрытия» не удовлетворяют в полной мере всем перечисленным требованиям. Эффективным способом решения данной задачи является применение в качестве полифункциональных «раневых покрытий» нановолокнистых материалов из ПВС, полученных методом электроформования. ПВС нетоксичен, биосовместим, биodeградируем, а также является промышленно выпускаемым полимером.

Найденные вещества удовлетворяют требованиям к материалам и продуктам его биodeградации, которые не должны являться питательной средой для микроорганизмов, должны обеспечивать косметичность шва, и заживление без грубого рубцевания.

## СОДЕРЖАНИЕ

	Введение.....	7
1	Особенности нановолокна , как нанообъекта.....	8
2	Методы получения нановолокон .....	9
2.1	Вытягивание.....	10
2.2	Темплатный метод .....	10
2.3	Электроформование .....	11
3	Электроформование растворов полимеров .....	12
4	Характеристика и свойства полимеров и их растворов для применения в медицине и ветеринарии.....	17
5	Оборудование для получения нановолокон.....	31
6	Направления применения нановолокон в медицине и ветеринарии.....	34
7	Патентный поиск.....	35
8	Анализ сшивающих добавок (дикарбоновых кислот) (щавелевая, янтарная, фумаровая, адипиновая, малеиновая).....	38
8.1	Щавелевая .....	38
8.2	Малеиновая.....	39
8.3	Янтарная.....	40
8.4	Фумаровая.....	41
8.5	Адипиновая.....	42
9	Методика получения поливинилового спирта сшитого дикарбоновыми кислотами .....	42
10	Характеристика оборудования для экспериментальных исследований.....	46
11	Определение степени набухания .....	49
11.1	Методика определения степени набухания .....	49
11.2	Определение степени набухания поливинилового спирта сшитого насыщенными дикарбоновыми кислотами .....	54
11.3	Определение степени набухания поливинилового спирта сшитого насыщенными дикарбоновыми кислотами в физиологическом растворе.....	65
11.4	Влияние концентрации сшивающего агента на набухание образцов ПВС.....	66
11.5	Структура материала из ПВС.....	70

12.	Свойства полиакриловой и полиметакриловой кислот, поливинилпирролидонов и их комплексов.....	71
13.	Выбор оптимального времени полимеризации и температуры при различных концентрациях сшивающих агентов.....	79
14	Влияние температуры сшивки и концентрации сшивающего агента на набухание образцов ПВС.....	84
15.	Влияние электропроводности формирующего раствора на процесс электроформования полимера.....	89
16 .	Влияние напряжения электрического тока и межэлектродного расстояния на процесс электроформования полимера.....	92
17.	Реологические характеристики растворов.....	94
18.	Структура и параметры образцов нетканых материалов.....	95
18.1.	Механические свойства полученных материалов.....	93
18.2	Анализ размера пор образцов.....	96
19.	Исследование бактерицидных свойств разработанных материалов с бактерицидными добавками.....	98
20.	Исследования растворимости образцов из наноразмерных волокон ПВС в стандартных тест–культурах микроорганизмов.....	106
21.	Опытная установка для получение нетканых материалов из наноразмерных полимерных волокон.....	109
21.1	Назначение установки.....	109
21.2.	Технические характеристики.....	110
21.3.	Узлы и системы опытной установки.....	111
21.4	Описание узлов и систем линии.....	112
21.5.	Описание работы установки.....	118
22	Исследование бактерицидных свойств полученных материалов.....	121
22.1	Исследование действия наноразмерных нетканых материалов с добавлением тилозина на заживление инфицированных ран у кроликов.....	122
22.2	Исследование действия наноразмерных нетканых материалов с добавлением гиалуроновой кислоты на заживление инфицированных ран у собак с кожно-мышечными ранами.....	129
22.3	Изучение влияния наноразмерных нетканых материалов с добавлением тилозина на процессы регенерации поврежденных тканей у кроликов.....	134

Заключение .....	142
Список используемых источников .....	147
Приложение А Акты испытаний бактерицидной активности.....	159

19. По результатам работы выявлено, что при лечении собак с кожно-мышечными ранами, инфицированными музейным штаммом золотистого стафилококка следует применять наноразмерные нетканые материалы с гиалуроновой кислотой. Однократное применение наноразмерных нетканых материалов с гиалуроновой кислотой является достаточным для полного выздоровления животных.

20. В результате проведенных исследований нами клинически установлено, что у животных в опытной группе после применения наноразмерных нетканых материалов с тилозином, процессы регенерации поврежденных тканей протекали более интенсивно, чем в контрольной.

При микроморфологическом исследовании околограневых тканей при лечении экспериментальных кожно-мышечных ран, контаминированных музейным штаммом золотистого стафилококка, можно сделать заключение о том, что применение наноразмерных нетканых материалов с тилозином вызывает заживление ран на двое суток раньше, чем применение классических средств и методов лечения, в частности линимента синтомицина 10%-ного. Об этом свидетельствует картина динамики изменений, наблюдаемых при микроскопии гистосрезов, полученных от животных опытной и контрольной групп.

Таким образом, следует отметить высокую биологическую активность при отсутствии аллергической реакции организма и развитии резистентности у штаммов бактерий при использовании наноразмерных нетканых материалов с тилозином. Их применение обеспечивает высокоэффективное лечение раненых животных, благодаря чему они могут быть использованы как средство специфического воздействия на пораженные ткани.

#### Список используемых источников

1 Филатов, Ю.Н. Электроформование волокнистых материалов (ЭФВ-процесс) / под ред. В.Н. Кириченко. – Москва: ГНЦ РФ НИФХИ им. Л.Я. Карпова, 1997

2 Cengiz, F. Comparative analysis of various electrospinning methods of nanofibre formation / F. Cengiz, I. Krucinska, E. Gliscinska, M. Chrzanowski, and

F. Goktepe // *Fibres & Textiles in Eastern Europe*. – vol. 17, no. 1, pp. 13–19, 2009.

3 Niu, H. Needleless electrospinning: influences of fibre generator geometry / H. Niu, X. Wang, T. Lin // *Journal of the Textile Institute*. – pp. 1–8, 2001.

4 Products / NS Organic Production Lines 1600.– Режим доступа: <http://www.elmarco.com/products/ns-organic-production-lines-1600>.– Дата доступа: 25.11.2013

5 Патенты США N692631 (1902), N705691 (1902).

6 Патент США N1975504 (1930).

7 Патент США N2048651 (1936).

8 Friedlander S.K. Particle diffusion in low-speed flows / *Journal of Colloid and Interface Science* 23. – Netherlands, 1967

9 Li, D. Electrospinning of nanofibers: reinventing the wheel? / D. Li, Y. Xia // *Advanced Materials*. – vol. 16, no. 14, pp. 1151–1170, 2004

10 Taylor, G. Electrically driven jets / G. Taylor. – *Proceedings of the Royal Society of London Series A*. – vol. 313, pp. 453–475, 1969.

11 Huang, ZM. A review on nanofibers by electrospinning and their applications in nanocomposites / Huang ZM, Zhang YZ, Kotaki M, Ramakrishna S. – *Comp Sci Tech*, 2003

12 Ramakrishna, S. *An Introduction to Electrospinning and Nanofibers* / Ramakrishna S, Fujihara K, Teo WE, Lim EC, Zuwei M.– Singapore, 2005

13 Burger, C. Nanofibrous materials and their applications / Burger C, Hsiao BS, Chu B. – *Annu.Rev. Mater. Res.*, 2006

14 Teo, WE. A review on electro spinning design and nanofibre assemblies / Teo WE., Ramakrishna S. - *Nanotechnology*, 2006

15 Fong, H. Beaded nanofibers formed during electrospinning / H. Fong, I. Chun, D. H. Reneker. – *Polymer*, vol. 40, no. 16, pp.4585–4592, 1999

16 Huang, C. Electrospinning of nanofibres with parallel line surface texture for improvement of nerve cell growth / C. Huang, Y. Tang, X. Liu et al. – *Soft Matter*. – vol. 7, no. 22, pp. 10812–10817, 2011



- 17 Bognitzki, M. Nanostructured fibers via electrospinning / M. Bognitzki, W. Czado, T. Frese et al. – *Advanced Materials*. – vol. 13, no. 1, pp. 70–72, 2001
- 18 Chen, H. Fabrication of hierarchically porous inorganic nanofibers by a general micro emulsion electrospinning approach / H. Chen, J. Di, N. Wang et al. – *Small*, vol. 7, no. 13, pp. 1779–1783, 2011
- 19 Koombhongse, S. Flat polymer ribbons and other shapes by electrospinning / S. Koombhongse, W. Liu, D. H. Reneker. – *Journal of Polymer Science B*, vol. 39, no. 21, pp. 2598–2606, 2001
- 20 Chang, G. Helical nano ribbons fabricated by electrospinning / G. Chang, J. Shen. – *Macromolecular Materials and Engineering*, vol. 296, no. 12, pp. 1071–1074, 2011
- 21 Lin, T. Self-crimping bicomponent nanofibers electrospun from polyacrylonitrile and elastomeric polyurethane / T. Lin, H. Wang, X. Wang. – *Advanced Materials*, vol. 17, no. 22, pp. 2699–2703, 2005
- 22 Sun, Z. Compound core-shell polymer nanofibers by electrospinning / Z. Sun, E. Zussman, A. L. Yarin, J. H. Wendorff, A. Greiner. – *Advanced Materials*, vol. 15, no. 22, pp. 1929–1932, 2003
- 23 Li, D. Direct fabrication of composite and ceramic hollow nanofibers by electrospinning / D. Li, Y. Xia. – *Nano Letters*, vol. 4, no. 5, pp. 933–938, 2004
- 24 Liu, R. Sea-Island polyurethane / polycarbonate composite nanofiber fabricated through electrospinning / R. Liu, N. Cai, W. Yang, W. Chen, H. Liu. – *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 116, no. 3, pp. 1313–1321, 2010
- 25 Bazilevsky, A.V. Co-electrospinning of core-shell fibers using a single-nozzle technique / A. V. Bazilevsky, A. L. Yarin, C. M. Megaridis. – *Langmuir*, vol. 23, no. 5, pp. 2311–2314, 2007
- 26 Zhang, Z. ZnO hollow nanofibers: fabrication from facile single capillary electrospinning and applications in gas sensors / Z. Zhang, X. Li, C. Wang, L. Wei, Y. Liu, C. Shao. – *The Journal of Physical Chemistry C*, vol. 113, no. 45, pp. 19397–19403, 2009

- 27 Zeleny, J. Instability of Electrified Liquid Surfaces / J. Zeleny. – Rev. 10, 1917
- 28 Spivak, A. F. / Journal on Applied / A. F. Spivak, Y. A. Dzenis. – [Poland] Mech. 66, 1999
- 29 Yarin, A. Journal on Applied / A. L. Yarin, S. Koombhongse, D. H. Reneker. – [USA] Phys. 89, 2001
- 30 Spivak, A. F. Mechanics Research Communications / A. F. Spivak, Y. A. Dzenis, D. H. Reneker. 27 [USA], 2000
- 31 Feng, J. J. Non-Newtonian Fluid Mechanics / J. J. Feng 116 [Korea], 2003
- 32 Reneker, D. H. Journal on Applied / D. H. Reneker, A. L. Yarin, S. Koombhongse. – Phys. 87 [USA], 2000
- 33 Hohman, M. M. Phys. Fluids / M. M. Hohman, M. Shin, G. Rutledge, M.P. Brenner 13 [USA], 2001
- 34 Gautam, R. A Review of Biodegradation of Synthetic Plastic and Foams / R. Gautam, A.S.Bassi, E.K. Yanful. – Appl. Biochem Biotechnol. pp. 141, 2007
- 35 Tuomela, M. Biodegradation of lignin in a compost environment: a review / Tuomela M., Vikman M., Hatakka A., Itävaara M. – Biores. Technol. 72, 169, 2000
- 36 Kanaly, R.A., Biodegradation of High-Molecular-Weight Polycyclic Aromatic Hydrocarbons by Bacteria / Kanaly R.A., Harayama S. – Journal of Bacteriology. 8, 2059, 2000
- 37 Delort, A.M., Study of the biodegradation of xenobiotics: Application to heterocyclic compounds / Delort A.M., Combourieu N. – J Ind Microbiol Biotechnol. 26, 2, 2001
- 38 Grima, S., Aerobic Biodegradation of Polymers in Solid-State Conditions: A Review of Environmental and Physicochemical Parameter Settings in Laboratory Simulation / Grima S., Bellon-Maurel V., Feuilloley P., Silvestre F. – J Polymer Environ. 8, 4, 2002
- 39 Swift, G. Requirements for biodegradable water-soluble polymers / G. Swift. – Polymer Degrad Stabil. 59, 19, 1998

- 40 Acemoglu, M. Chemistry of polymer biodegradation and implications on parenteral drug delivery / M. Acemoglu. – Int J Pharm. 277, 133, 2004
- 41 Cookson, J.T. Jr Bioremediation engineering: design and application / J.T. Cookson. – McGraw-Hill, New York, NY, 1995
- 42 Zhang, C. Biodegradation of xenobiotics by anaerobic bacteria / Zhang C., Bennett G.N. – Appl. Microbiol. Biotechnol. 67, 600, 2005
- 43 Wilson, L.P. Biodegradation of aromatic compounds under mixed oxygen/denitrifying conditions: a review. / Wilson L.P., Bouwer E.J. – J Ind Microbiol Biotechnol. 18, 116, 1997
- 44 Mohee, R. Determining biodegradability of plastic materials under controlled and natural composting environments / Mohee R., Unmar G. – Waste Management. 27, 1486, 2007
- 45 Greene, J. Biodegradation of Compostable Plastics in Green Yard-Waste Compost Environment / J. Greene. – J Polym Environ. 15, 269, 2007
- 46 Капуцкий, Ф.Н. Лекарственные препараты на основе производных целлюлозы/ Ф.Н. Капуцкий, Т.Л. Юркштович. – Минск: Университетское, 1989. – 111 с.
- 47 Способ получения ацетатов целлюлозы: патент SU 611904 С 08 В 3/06/Т. А, Сагатова, Л. М. Елисеева и Р. Розыяхунов: Заявлено 29.07.75 Опубликовано 25.06,78. Бюллетень № 23
- 48 Способ получения триацетата целлюлозы: патент SU 576323 С 08 В 3/06/ В. А. Ландышева, В. Е. Ложкин, Т. В. Жигалова и В. В. Гришина: Заявлено 07.01.75 Опубликовано 25.09,76. Бюллетень № 38.
- 49 Способ получения ацетата целлюлозы: патент SU 405361 С 08 В 3/06/ А, Х, Иноятова, Б. И. Айхочжаев и Е. И, Беренштейн: Заявлено 01.07.70 Опубликовано 13.06.75. Бюллетень № 41
- 50 Бочек, А.М. Особенности взаимодействия целлюлозы и ацетатов целлюлозы с водой при изменении системы водородных связей в них гидрофильно-гидрофобного баланса макромолекул/ А.М. Бочек, Л.М. Калужная //Журнал прикладной химии, 2002.- Т 75. - Вып.6.-С.1007-1011.

- 51 Влагопоглощающий материал: патент SU 449466 С 08 В 3/06/ В. Шустер: Заявлено 05.01.72. Опубликовано 05.11.74. Бюллетень № 41
- 52 Способ получения бронхолитической лекарственной композиции пролонгированного действия на основе теофиллина: патент РФ 2036642 А61К9/00/ Чучалин А.Г., Кеменова В.А., Алексеев К.В., Чепурная А.П., Меликянц Л.М., Харенко А.В., Кабанов В .А: Заявлено 29.05.1992. Опубликовано 09.06.1995
- 53 Применение производных целлюлозы в медицине [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://chemanalytica.com/book/novyuy\\_spravochnik\\_khimika\\_i\\_tehnologa/06\\_syre\\_i\\_produkty\\_promyshlennosti\\_organicheskikh\\_i\\_neorganicheskikh\\_veshchestv\\_chast\\_II/5194](http://chemanalytica.com/book/novyuy_spravochnik_khimika_i_tehnologa/06_syre_i_produkty_promyshlennosti_organicheskikh_i_neorganicheskikh_veshchestv_chast_II/5194)
- 54 Tokiwa, Z. Enzymatic degradation of polymer blends / Tokiwa Z., Iwamoto A. – Biodeg poly plastics. pp. 190-199, 1994
- 55 Davis, G. Corresponding Author Contact Information Biodegradable packaging based on raw materials from crops and their impact on waste management / Davis G., Song J.H. – Industrial Crops and Products, 23, 147, 2006
- 56 Cybulska, G., Waste Management in the Food Industry: An Overview / G. Cybulska. – Campden and Chorleywood Food Research Association Group, UK , 2000
- 57 Bastioli, C. Degradable polymers – Principles and Applications / Bastioli C., Scott G., Gilead D. – Chapman and Hall: London. pp. 112-132, 1995
- 58 Funabashi, M. Biodegradation of Polycaprolactone Powders Proposed as Reference Test Materials for International Standard of Biodegradation Evaluation Method / Funabashi M., Ninomiya F., Kunioka M. – J Polym Environ. 15, 7, 2007
- 59 Garg, S. Studies on the properties and characteristics of starch–LDPE blend films using cross-linked, glycerol modified, cross-linked and glycerol modified starch / Garg S., Jana A.K. – European Polymer Journal. 43, 3976, 2007
- 59 Hocking, P.J. Chemistry and Biochemistry of Polymer Biodegradation / Hocking P.J., Marchessault R.H. – Blackie Academic and Professional: London, pp. 48-96, 1994
- 60 Reddy, M.M. Abiotic Oxidation Studies of Oxo-biodegradable Polyethylene / Reddy M.M, Gupta R.K., Gupta R.K., Bhat-Tacharya S.N., Parthasarathy R. – J

61 Свойства водных растворов смесей метилцеллюлозы и гидроксипропилцеллюлозы/ Куценко Л.И. [и др.] //Журнал прикладной химии/ - 2003. – Т.76/ Вып.10.- С.1720-1724.

62 Получение карбоксиметилцеллюлозы на основе коротких волокон и одревесневшей части стеблей льна/ Куценко Л.И. [и др.] //Журнал прикладной химии. -2005. – Т.78/ Вып.12.- С. С.2045-2049

63 Реологические свойства водных растворов н-карбоксиметилцеллюлозы с добавками различной природы/ Бочек А.М. [и др.] //Журнал прикладной химии.- 2002. – Т.75. - Вып. 4.-С. 659-663.

64 Амиды на основе карбоксилметилцеллюлозы и их свойства/ Забивалова Н.М. [и др.] //Журнал прикладной химии/ - 2003. – Т.76. -Вып. 12.- С.2048-2052.

65 Shahidi, F. Isolation and characterization of nutrients and value-added products from snow crab (*Chionoecetes opilio*) and shrimp (*Pandalus borealis*) processing discards/ F. Shahidi, J. Synowiecki//Journal of Agricultural and Food Chemistry (American Chemical Society). – 1991. –V.39. - P.1527-1532.

66 Chitosan for overweight or obesity/ A. B. Jull [et al.] //Cochrane Database of Systematic Reviews, 2008 - Issue 3/ -CD003892.

67 Sogias, I.A. Why is chitosan mucoadhesive? / I.A. Sogias, A.C. Williams, V.V. Khutoryanskiy// Biomacromolecules .- 2008. - V. 9. – P. 1837—1842.

68 Хитозан [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A5%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%B7%D0%B0%D0%BD>

69 Раствор для получения материала на основе хитозана, способ получения гемостатического материала из этого раствора (варианты) и медицинское изделие с использованием волокон на основе хитозана патент РФ 2487701 А61К9/08/, А61К31/722/ А. В. Внучкин, Е.З. Насибулина, Н. М. Забивалова: Заявлено 26.07. 11. Опубликовано 20.07.13.

70 Способ получения хитозансодержащего волокна патент РФ 2258103 D01F4/00/ Ю.К. Кириленко, В.Г. Фролов, Р.А. Нагапетян: Заявлено 01.06.04. Опубликовано 10.08.05.

71 Ушаков, С.Н., Поливиниловый спирт и его производные/ С.Н.Ушаков. - М.Л.: Изд. АН СССР.- Том 1. -1960. -552 с.

72 Бойко, В.В. Синтез поливинилового спирта в водно-спиртовых средах/ В.В. Бойко//: Дис. ... канд. хим. наук : 02.00.06 : Москва, 2004 112 с. РГБ ОД, 61:04-2/321

73 Ямсков, И.А. Гидрофильные носители на основе поливинилового спирта для иммобилизации ферментов/ И.А. Ямсков, М.В. Буданов, В.А. Даванков //Биоорг. химия. -1979. -Т. 5. -№11. -С. 1728-1734.

74 Сорбционное разделение электролитов на поперечно сшитом поливиниловом спирте/ Груздева А.Н. [и др.] //Журн. физ. химии. -2005. -Т. 79.- №7. -С. 1325-1327.

75 Исследование набухания поливинилоксалата/ Гораева О.Ф. [и др.]// Материалы докладов 46 РНТК ВГТУ, Витебск, 2013. - С. 205-206.

76 Получение продукта взаимодействия поливинилового спирта и щавелевой кислоты/ Яковчик Я.Г. [и др.] Тезисы докладов 46 РНТК ВГТУ, Витебск, 2013. - С. 86-87.

77 Ковалевич, Е.Е. Исследование эффективности способов модификации трикотажа для хирургии//Молодые ученые –развитию текстильной и легкой промышленности (Поиск – 2012)/ Е.Е., Ковалевич, С.Г. Степин// Сборник материалов межвузовской научно-технической конференции аспирантов и студентов . ч.1. – Иваново: ИГТА, 2012. –С.84-85.

78 Способ получения поливинилпирролидона патент РФ 23742682 C08F26/10): Ю.К. Гусев, А.С. Паневин : Заявлено 07.12.07

79 Антивирусная и бактерицидная композиция патент РФ 2242977 А61К33/18, А61К33/38/ В.Г. Пехенько, С.В. Плотников, А.В.Ротов Заявлено 30.09.2003. Опубликовано 27.12.2004

80 Способ получения препарата ацетилсалициловой кислоты патент РФ 2054939 А61К31/60, А61К47/ А.В. Савицкая, Пащенко Л.А.: Заявлено 10.06.92. Опубликовано 27.02.96.

81 Способ получения антисептического средства йодопирон патент РФ 125632 А61К33/18/ О.А.Пархоменко, В.Н.Тихолоз, С.М. Максимова, Е.Н. Щерблюк. Заявлено 25.08.2004. Опубликовано: 27.04.2006.

82 Wound-covering preparation, wound-covering material, and method of wound healing Pat. 6706260 US, A 61 K 31/74 Nobuo, Ishihara Kazuhiko, Tanaka Shinji, Suzuki Ken, Shuto Kenshiro, Hayashi Akio. Заявл. 06.07.99; Опубл. 16.03.04.

83 Mueller, R.J. Biological degradation of synthetic polyesters – Enzymes as potential catalysts for polyester recycling / Mueller R.J. – Process Biochemistry. 41, 2124, 2006

84 Nishida, H. Distribution of poly( $\beta$ -hydroxybutyrate) and poly( $\epsilon$ -caprolactone) aerobic degrading microorganisms in different environments / Nishida H., Tokiwa Y. – J Environ Polym. Degrad. 1, 227, 1993

85 Tokiwa, Y. Hydrolysis of polyesters by lipases / Tokiwa Y., Suzuki T. – Nature. 270, 76, 1997

86 Tang, S. Effect of nano-SiO<sub>2</sub> on the performance of starch/polyvinyl alcohol blend films / Tang S., Zou P., Xiong H., Tang H. – Carbohydrate Polymers, 72, 521, 2008

87 Shujun, W. Preparation and Characterization of Compatible and Degradable Thermoplastic Starch/Polyethylene Film / Shujun W., Jiugao Y., Jinglin Y. – J Polym Environm. 14, 1, 2006

88 Krokhta, J.M. In: Biodegradable polymers from agricultural products / J.M. Krokhta. – ACS Symposium Series. – 1996

89 Yu, L. Polymer blends and composites from renewable resources / Yu L., Dean K., Li L. – Prog. Polym. Sci. 31, 576, 2006

90 Gu, J.D. Microbiological deterioration and degradation of synthetic polymeric materials: recent research advances / Gu J.D. – International Biodeterioration & Biodegradation. 52, 69, 2003

- 91 Products/nanon. – Режим доступа: <http://www.mecc.co.jp/en/html/products/nanon.html>. – Дата доступа: 25.11.2013
- 92 Products/ne200. – Режим доступа: <http://www.inovenso.com/portfolio-view/ne200>. – Дата доступа: 25.11.2013
- 93 Sill, TJ. Electrospinning: Applications in drug delivery and tissue engineering / Sill TJ, Von Recum HA. – Biomaterials, 2008
- 94 Оборудование и метод электроформования нановолокон; патент USA № US2011242310; МПК B27N3/14; D01G3/00; G06K9/00; H04N7/18
- 95 Электропрядение мембраны в направлении основы и утка и процессы подачи; патент China № EP2447396 A1; МПК D04H1/4382, D04H3/02, D04H1/728, D04H3/016, D01D5/00
- 96 Технология создания матов из нановолокон хитозана; патент USA № WO2009011944; МПК D01D5/00E2D2; D01F1/10; D01F11/00; D01F9/00; D06M13/123
- 97 Оборудование для электропрядения и волокна производимые на нем; патент USA № WO2011100743; МПК D01D5/00E4B
- 98 Устройство для электропрядения трехмерных структуры нановолокон; патент China № CN102206878; МПК D01D13/00; D01D5/00; D01D5/247
- 99 Способ получения фильтрующего материала, фильтрующий материал и средство для защиты органов дыхания; патент РФ № 2008131139; МПК D01D39/16
- 100 Способ электроформования крахмальных нитей для гибкой структуры; патент РФ № 2000131894; МПК C08L3/00, C08B30/00, C08B30/06
- 101 Способ получения нановолокон из алифатических сополиамидов; патент РФ № 2447207; МПК D01F6/80 (2006.01), B82B3/00 (2006.01), D01F6/60 (2006.01), B82B1/00 (2006.01), D01F6/78 (2006.01), C08L77/02 (2006.01)
- 102 Машина электропрядения мембран в направлениях основы и утка и процесс их применения; патент China № 10791151.3; МПК D01D 5/00; PCT/CN2010/000922; WO 2010/148644



- 103 Зефирова Н.С. и др. т.5 Три-Ятр // Химическая энциклопедия. — Москва: Большая Российская Энциклопедия, 1998. — 783 с.
- 104 Volhard, J. «Darstellung von Maleinsäureanhydrid» Justus Liebig's Annalen der Chemie 1892, volume 268, page 255-6. DOI: 10.1002/jlac.18922680108
- 105 Milas, N. A. «Fumaric Acid» Organic Synthesis 1943, Collective Volume 2, page 302. Online version
- 106 British Patent No. 775,912, published on the May 29, 1957, by Monsanto Chemical Company.
- 107 Имянитов, Н.С, Рахлина Е.Н. / Новый способ производства адипиновой кислоты. // Химическая промышленность. 1987. — № 12. — С. 708—711.
- 108 Ушаков, С.Н., Поливиниловый спирт и его производные/ С.Н.Ушаков. - М.Л.: Изд. АН СССР.- Том 1. -1960. -552 с.
- 109 Бойко, В.В. Синтез поливинилового спирта в водно-спиртовых средах/ В.В. Бойко//: Дис. ... канд. хим. наук : 02.00.06 : Москва, 2004 112 с. РГБ ОД, 61:04-2/321
- 110 <http://www.freepatent.ru/patents/2411278>
- 111 <http://www.findpatent.ru/patent/241/2411278.html>
- 112 Решетов И.В., Юданова Т.Н., Маторин О.В., Морозов Д.С. Пленочное покрытие, содержащее хлоргексидин и лизоцим, для лечения ран // Химико-фармацевтический журнал.- 2004.- Т.38.- №7.- С.41-43.
- 113 Ямсков, И.А. Гидрофильные носители на основе поливинилового спирта для иммобилизации ферментов/ И.А. Ямсков, М.В. Буданов, В.А. Даванков //Биоорг. химия. -1979. -Т. 5. -№11. -С. 1728-1734.
- 114 Сорбционное разделение электролитов на поперечно сшитом поливиниловом спирте/ Груздева А.Н. [и др.] //Журн. физ. химии. -2005. -Т. 79.- №7. -С. 1325-1327.
- 115 Современные подходы к разработке эффективных перевязочных средств и шовных материалов/ Материалы I всесоюз. конф.,- М.: МЭ СССР, 1989
- 116 Ковалевич, Е.Е. Исследование эффективности способов модификации трикотажа для хирургии//Молодые ученые –развитию текстильной и легкой

промышленности (Поиск – 2012)/ Е.Е., Ковалевич, С.Г. Степин// Сборник материалов межвузовской научно-технической конференции аспирантов и студентов . ч.1. – Иваново: ИГТА, 2012. –С.84-85.

117 Алексеев, И.С. Синтез нити с бактерицидными свойствами из полимерных наноразмерных волокон/ И.С. Алексеев, С.Г. Степин, И.А. Дорошенко//Вестник ВГТУ . – 2013. – Вып. 25. – С.78-81

118 Исследование набухания поливинилоксалата/ Гораева О.Ф. [и др.]// Материалы докладов 46 РНТК ВГТУ, Витебск, 2013. - С. 205-206.

119 Получение продукта взаимодействия поливинилового спирта и щавелевой кислоты/ Яковчик Я.Г. [и др.] Тезисы докладов 46 РНТК ВГТУ, Витебск, 2013. - С. 86-87.