

РАЗДЕЛ II. ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК: 544.2; 613.4

Мащенко В.И., Медведева И.В., Молоканова Ю.П.
Московский государственный областной университет

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ БОРОСИЛОКСАНА (ПЛАСТИДЕЗ) ДЛЯ ДЕЗИНФЕКЦИИ КОЖИ РУК

Аннотация. Рассмотрены сорбционные свойства композитного материала на основе боросилоксана (рабочее название – пластидез). Исследована возможность использования композитного материала на основе боросилоксана (пластидез) в качестве индивидуального средства механической дезинфекции кожи рук многократного использования. Доказана эффективность применения пластидеза для сорбции жировых загрязнений и микрофлоры кожи рук. Предложена методика дезинфекции пластидеза после использования для обеспечения возможности многократного применения материала в качестве средства индивидуальной дезинфекции кожи рук.

Ключевые слова: композитный материал, боросилоксан, пластидез, механическая дезинфекция, микрофлора кожи.

V. Mashchenko, I. Medvedeva, Ju. Molokanova
Moscow State Regional University

APPLICATION OF A MATERIAL BASED ON BOROSILOXANE (PLASTIDEZ) FOR MECHANICAL DISINFECTION OF SKIN OF HANDS

Abstract. We report the sorption properties of a composite material based on borosiloxane (the working title 'plastidez'). The possibility of using a composite material based on borosiloxane (plastidez) as an individual reusable mechanical disinfectant of skin of hands is studied. The application of plastidez for sorption of dirt and microflora of skin of hands is shown to be effective. A method is proposed for disinfection of plastidez after its use to ensure its multiple applications as a personal disinfectant of hands.

Key words: composite material, borosiloxane, plastidez, mechanical disinfection, microflora of skin.

Нанокompозитные материалы находят все большее применение в разных областях науки, техники и в

© Мащенко В.И., Медведева И.В., Молоканова Ю.П., 2015.

быту. Основой для таких материалов могут быть различные соединения, например, боросилоксаны. Данные нанокompозитные материалы обладают характеристиками неньютонов-

ских жидкостей, чем обусловлен ряд свойств, благодаря которым они могут быть использованы в качестве эффективной композитной матрицы [19].

Способам получения боросилоксана из силоксанов различного строения (например, силиконового масла) и соединений бора посвящено несколько десятков патентов, приоритет первого из них датирован 1943 годом¹. Боросилоксаны представляют собой олигомерные соединения на основе силоксанов, в которых присутствует группировка Si-O-B. Они обладают свойствами силиконовых масел и полимерных материалов, сочетая в себе такие свойства, как текучесть при статической нагрузке и упругость при кратковременной или ударной нагрузке. Предполагается, что эти свойства обусловлены межмолекулярными донорно-акцепторными взаимодействиями атомов бора и кислорода [1; 3; 5; 6].

Одно из первых применений боросилоксанов – похожая на пластилин детская игрушка **Silly Putty**, популярная в Америке в 60–70-х гг. прошлого столетия. В настоящее время боросилоксаны и полученные на их основе материалы используются в различных отраслях: в производстве обмундиро-

вания и одежды для экстремальных видов спорта [17], амортизаторов для железнодорожных вагонов, вибропоглощающих материалов и др. Исследуется возможность их применения в медицине [14; 18], аэрокосмической отрасли [19] и в качестве самозалечивающихся материалов. Области практического применения композитных материалов на основе боросилоксанов изучены недостаточно. Открыт вопрос о возможности их применения в качестве контактного дезинфектанта кожи рук.

В патенте В.И. Машенко с соавторами предложена методика получения нанокompозитов на основе боросилоксана и наночастиц серебра в качестве масс для лепки с возможными биоцидными свойствами. Биоцидная активность боросилоксанового композита в их работе не исследована. Для выявления биоцидных свойств полученного боросилоксанового композитного материала запланирована серия экспериментов. Первый этап экспериментальной работы предполагает исследование биоцидных свойств материала, не содержащего наночастицы серебра. Композит был получен по методике, представленной в патенте В.И. Машенко и соавторов, но без добавления наночастиц серебра. Для его синтеза использовались вещества, производящиеся в Российской Федерации, сертифицированные, экологически безопасные и, согласно законодательству РФ, разрешенные к контакту с кожей рук.

Для получения боросилоксанового композита в химическом стакане смешали 400 г диметилсилоксана марки СКТН-А с концевыми гидроксильными группами, 16 г борной кислоты марки х.ч., 0,004 г хлорида железа III

¹ См.: патент США 2431878 А, 1943 (Treating dimethyl silicone polymer with boric oxide: McGregor Rob Roy, Warrick Earl Leathen); патент США 2541851 А, 1944 (Process for making putty-like elastic plastic, siloxane derivative composition containing zinc hydroxide: Wright James G.E.); патент США 2644805 А, 1951 (Boric acid-methyl polysiloxane composition: Martin Robert W.); патент США 4371493 А, 1980 (Minute Method of making bouncing silicone putty-like compositions: Maurice A.); патент РФ 2473216, заявка от 27.05.2011 г., публикация от 27.01.2013 г. (Способ получения масс для лепки с биоцидными свойствами: В.И. Машенко, А.Н.Алексеев, Т.В. Картавенко, А.В. Оленин).

марки х.ч. Стакан со смесью в течение 60 мин нагревали в микроволновой печи до 200°C при постоянном перемешивании механической мешалкой. Затем содержимое стакана охладили до комнатной температуры, ввели в смесь 12 г аэросила-300 и 20 г красного железистоокисного пигмента, смешали до однородной массы. Получили 350 г композиционного материала красного цвета, не липнущего к рукам (рабочее название «Пластидез»). Пластидез напоминает обычный пластилин, в отличие от которого не прилипает к рукам, не оставляет на них следов, сорбирует с кожи потожировые выделения и загрязнения. Благодаря текучести материал заполняет складки на руках, механически очищая их от загрязнений. Такие свойства дают возможность применения пластидеза в качестве механического дезинфектанта кожи рук.

Известно, что кожные покровы человека заселены бактериями и грибами, которые формируют ее микрофлору. Состав кожной микрофлоры зависит от возраста, степени оволосения, влажности, температуры, кислотности, профессии, гигиенического содержания кожи, кожных и общих заболеваний. Микробы неравномерно распределены на коже. Их много на поверхности и в верхних слоях ороговевшего эпителия, в устьях волосяных фолликулов. Антибактериальная активность жирных и молочной кислоты секретов потовых и сальных желез определяет отсутствие микробов в устьях сальных и потовых протоков. Более обильно заселены разнообразными микробами влажные и покрытые волосами участки кожи, а также участки с высокой плотностью сальных желёз. Нормальная микрофлора

кожи выполняет защитную функцию, угнетая жизнедеятельность транзиторной (патогенной и условно-патогенной) микрофлоры, попадающей на кожу извне¹.

Наиболее разнообразна и непостоянна транзиторная микрофлора кожи кистей рук, так как эта часть тела осуществляет наибольшее число контактов с окружающими предметами. Патогенная и условно-патогенная микрофлора, попадая с окружающих предметов на кожные покровы, может стать причиной распространения и развития контактно-бытовых инфекционных заболеваний с симптоматикой острых кишечных инфекций (ОКИ)².

Наиболее подвержены инфекциям такого рода дети и подростки. По данным Департамента здравоохранения РФ, в структуре заболеваемости ОКИ в 2013 г. доля взрослых составила 24,9 %, детей до 17 лет – 75,1 % [4]. Острые кишечные инфекции, независимо от их этиологии, значительно чаще регистрируются у детей, чем у взрослых [8, с. 147-148; 205-207]. Так, по данным отдела статистики Пушкинской центральной районной больницы им. проф. В.Н. Розанова, заболеваемость детского населения Пушкинского района Московской области ОКИ в 2013 г. оказалась на 96,8 % выше, чем взрослого населения (249 и 8 случаев соответственно). Высокая распространенность ОКИ, особенно среди детского

¹ См. Профилактика острых кишечных инфекций: санитарно-эпидемиологические правила [СП 3.1.1.3108-13] (утв. пост. Гл. гос. санитарного врача РФ от 09 окт. 2013 г. № 53).

² См. письмо Департамента здравоохранения г. Москвы от 10 сент. 2010 г. № 31/265 «О неблагоприятной ситуации по заболеваемости острыми кишечными инфекциями в г. Москве».

населения, определяется низким уровнем личной гигиены, недостаточным санитарно-гигиеническим контролем в местах массового скопления людей, в том числе длительного пребывания детских коллективов, а также противоэпидемическим несовершенством благоустройства помещений личной гигиены [9, с. 156-159].

Таким образом, разработка простых и доступных в бытовом применении дезинфицирующих средств индивидуального пользования по-прежнему остается актуальной задачей санитарно-гигиенического направления медицины. Благодаря своим сорбционным свойствам в качестве такого механического дезинфектанта индивидуально-пользования может быть предложен силиконовый композитный материал на основе боросилоксана – пластидез. Для дезинфекции кожи рук исследуемое вещество в течение непродолжительного времени (3-5 минут) разминается в руках. Гипотетически, в результате этих действий кожные покровы очищаются от потожировых следов и микрофлоры.

Для подтверждения выдвинутой гипотезы проведен эксперимент по выявлению степени сорбции пластидезом микроорганизмов с кожи рук. Экспериментальная группа состояла из 10 испытуемых одной возрастной категории (подростки 14-15 лет). До начала эксперимента с кожи рук испытуемых стандартным способом проведены смывы для определения микробного состава [11]. Использовали стерильные ватные тампоны в стерильных пробирках с изотоническим раствором натрия хлорида. Смывы с рук производили в стандартной последовательности, начиная с левой

руки: тыльная сторона руки от кисти к пальцам, ладонная сторона, между пальцами и под ногтевым ложем. Этим же тампоном в той же последовательности производили смывы с правой руки.

Взятые смывы были засеяны на агаризированные питательные среды (простой агар, среда Эндо) в чашки Петри стандартным способом с соблюдением требований асептики и антисептики [11]. Выросшие на поверхности плотных сред изолированные микроскопические скопления биомасс представляли собой результат размножения одной клетки. Накопив на средах такие чистые культуры бактерий, определяли видовую принадлежность микроорганизмов. Затем изучали выделенные культуры, учитывая морфологию характера роста колонии на средах (культуральные свойства), ферментативную активность и ряд других особенностей выделенного микроба.

Культуральные свойства определяли, изучая характер роста культуры простым глазом, с помощью лупы, под малым увеличением микроскопа. Величину и форму колоний, форму краёв и прозрачность изучали в проходящем свете, рассматривая чашки со стороны дна. В отражённом свете (со стороны крышки) определяли характер поверхности, окраску. Консистенцию определяли прикосновением петли. Проводили подсчет числа колоний в каждом из секторов – вариантов опытов. Были выполнены мазки с последующим окрашиванием по Граму. Готовые препараты изучали под микроскопом с иммерсией.

Бактериологический посев выявил значительное обсеменение кожи рук испытуемых *Staphylococcus aureus*

(12,01 ± 1,07 КОЕ). В наших исследованиях доказано: в данной возрастной категории стафилококковая микрофлора на коже рук доминирует над кишечной [7]. Это связано с возрастными особенностями созревания липидной мантии кожи (появление *acne vulgaris*). Также отмечено наличие *Esherychia coli* в среднем 10,20 ± 2,45 КОЕ (табл. 1), что свидетельствует о свежем фекальном загрязнении рук, типичном для лиц данной возрастной категории [7].

После использования пластидеза (разминание в руках 3 минуты) с кожи рук испытуемых проведены смывы с последующим бактериологическим исследованием по описанной выше стандартной методике [11]. Результаты показали: после пластидеза значительно снизилась степень обсемененности кожи как *Staphylococcus aureus* (1,10 ± 0,59 КОЕ), так и *Esherychia coli* (0,93 ± 0,24 КОЕ) (табл. 1).

Наиболее часто используемое в быту дезинфицирующее средство – туалетное мыло. Согласно теории моющего действия, бактерицидное свойство такого метода дезинфекции зависит от типа мыла (его химического состава и pH, создаваемой среды) и от кратности мытья рук за один подход¹. Известно: однократное мытье рук с туалетным мылом типа «Детское» или «Банное» снижает бактериальную обсемененность кожи на 40 %, двукратное – на 80 % [10].

Дезинфекция кожи рук путем мытья их с мылом является, по сути, хи-

¹ См. Гигиенические требования к размещению, устройству, оборудованию и эксплуатации больниц, родильных домов и других лечебных стационаров: санитарно-эпидемиологические правила и нормы [СанПиН 2.1.3.1375-03] (введены в действие с 30 июня 2003 г., изм. от 25 апр. 2007 г.)

мической дезинфекцией, требующей наличия не только моющего средства (мыла), но и воды, то есть определенных условий. Использование пластидеза не требует специальных условий и представляет собой более простую механическую дезинфекцию. Эффективность применения пластической массы на основе боросилоксана соотносима с результатами двукратного мытья рук с туалетным мылом. В частности, после использования пластидеза обсемененность кожных покровов *Staphylococcus aureus* снизилась в среднем на 90,33 ± 5,78 %, *Esherychia coli* – на 89,08 ± 5,47 % по сравнению с уровнем загрязнения кожи рук до использования пластидеза. Пятилетний опыт работы с материалом позволяет проиллюстрировать (рис. 1) механизм удаления загрязнений с поверхности кожи при помощи пластидеза.

Известно: поверхностная энергия $F_{\text{пов.}}$ зависит от поверхностного натяжения на границе раздела фаз (σ) и от площади поверхности взаимодействия фаз (S) следующим соотношением [12]:

$$F_{\text{пов.}} = \sigma S$$

Поверхности раздела (рис. 1г), где действуют поверхностные натяжения:

$\sigma_{\text{ПК}}$ – поверхностное натяжение на поверхности «пластидез–кожа»,

$\sigma_{\text{ПЗ}}$ – поверхностное натяжение на поверхности «пластидез–загрязнение»,

$\sigma_{\text{ЗК}}$ – поверхностное натяжение на поверхности «загрязнение–кожа».

Поверхностное натяжение силиконовых материалов невысокое ($\sigma = 0,021$ Н/м (25° С) [1]. Поверхностное натяжение кожи также небольшое и может составлять от 0,021

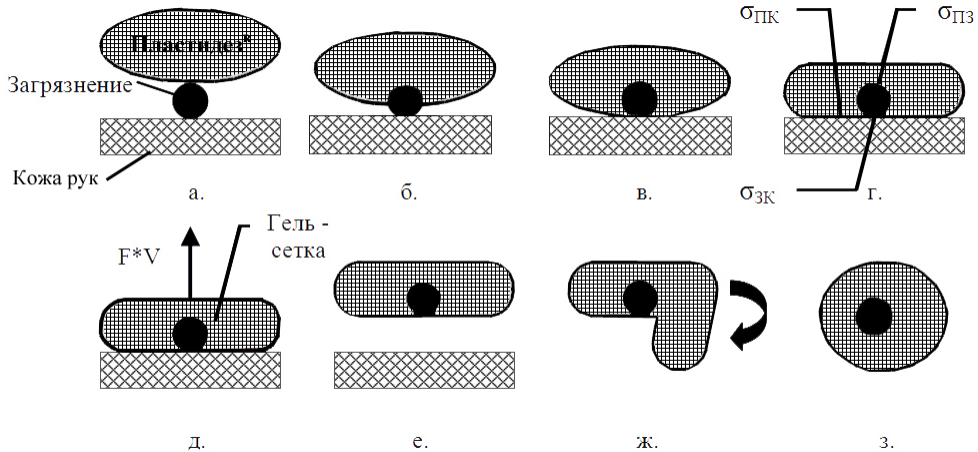


Рис. 1. Схема физического механизма удаления загрязнений с поверхности кожи пластидезом:

а – начало воздействия композитного материала на загрязненный участок кожи; б, в, г – затекание пластидеза в складки кожи руки и растекание по поверхности загрязнения; д, е – сдвиговые напряжения внутри материала с образованием динамической гель-сетки в объеме материала, отрыв пластидеза от поверхности кожи; ж, з – перемешивание образца и перемещение загрязнения в глубь композитного материала.

до 0,033 Н/м [15-16]. Бактериям *Staphylococcus aureus* и *Esherychia coli* свойственно поверхностное натяжение 0,069 и 0,070 Н/м, соответственно [13]. За счет более высокого поверхностного натяжения бактериальное загрязнение с одинаковой вероятностью сорбируется на коже рук и на поверхности пластидеза.

На границах раздела фаз имеет место следующее соотношение поверхностных натяжений:

$$\sigma_{\text{ПК}} \leq \sigma_{\text{ПЗ}} < \sigma_{\text{ЗК}}$$

В начальный момент взаимодействия материала с загрязненной кожей (рис. 1 а) реализуется соотношение:

$$F_{\text{пов.ПК}} < F_{\text{пов.ПЗ}} < F_{\text{пов.ЗК}}$$

По мере растекания пластидеза по поверхности кожи и загрязнения (рис. 1 г) реализуется соотношение:

$$F_{\text{пов.ПК}} < F_{\text{пов.ЗК}} < F_{\text{пов.ПЗ}}$$

Несмотря на увеличивающуюся площадь между кожей и пластидезом, $F_{\text{пов.ПК}}$ остается низкой за счет низкого $\sigma_{\text{ПК}}$, в то время как $F_{\text{пов.ЗК}}$ становится ниже $F_{\text{пов.ПЗ}}$ за счет обволакивания пластидезом загрязнения. Процесс сопровождается увеличением площади взаимодействия, так как исследуемый композитный материал обладает маслоподобными свойствами. Затекая в складки кожи, он увеличивает площадь соприкосновения, обволакивая максимальную площадь поверхности загрязнения.

За счет образования в объеме композитного материала динамической гель-сетки происходит отрыв пластидеза от поверхности кожи вместе с загрязнением (рис. 1 д). Динамическая гель-сетка, обусловленная структурными особенностями химического строения композитного материала, об-

разуется за счет применения силы (F). Чем выше скорость (V) приложения этой силы, тем полнее и легче происходит отрыв загрязненного пластидеза с поверхности кожи. Загрязнения удерживаются внутри силиконового материала за счет высокой площади соприкосновения и низкой поверхностной энергии на границе с воздухом.

При помощи рефрактометра ИРФ-454 установлено: показатель преломления пластидеза практически не меняется при наполнении его разными органическими и неорганическими материалами. Это свойство обусловлено таким строением композитов, при котором на поверхности постоянно присутствует только силиконовый материал, обволакивая и смачивая его внутренний объем (рис. 2). Так как показатель преломления материала определяется за счет его приповерхностного слоя, показатель преломления существенно не меняется.

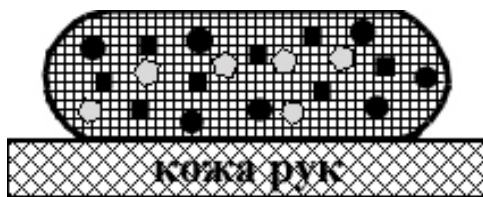


Рис. 2. Предполагаемая структура композиционного материала на границе подложки (линза рефрактометра, кожа рук, загрязнение, другие материалы)

При высокой степени наполнения может произойти разрушение структуры материала. До достижения критического состояния в приповерхностном слое присутствует преимущественно материал пластидеза, надежно удерживая загрязнения в своем объеме. Присутствующие в пластидезе официальные масла (силиконовое и вазели-

новое) эффективно увлажняют кожу. Отсутствие в нем абразивных веществ и спирта позволяет очищать кожные покровы, не повреждая их путем мацерации. Эти характеристики могут считаться дополнительными преимуществами пластидеза.

После использования пластидеза исследована его сорбционная и бактерицидная активность. Для смывов в пластической массе стерильным тампоном, смоченным раствором 0,9 % хлорида натрия (физиологический раствор), сделаны проколы в трех местах на S глубины. Материал с обсемененного тампона погружали в пробирку с раствором 0,9 % хлорида натрия для получения разведения 1:5. После разведения выполняли бактериологический посев на унифицированные среды (простой агар и среда Эндо) с последующим микробиологическим исследованием по стандартной методике, описанной выше [11].

Результаты (см. табл.) показали: пластидез эффективно сорбирует микрофлору кожи рук. В частности, *Staphylococcus aureus* ($6,10 \pm 0,35$ КОЕ) и *Esherychia coli* ($0,90 \pm 0,03$ КОЕ). Таким образом, пластидез обладает высокой сорбционной активностью в отношении условно-патогенной микрофлоры кожи рук. Данный материал, накапливая внутри себя загрязнения, поверхностно остается условно чистым, сохраняя способность не липнуть к рукам. Тем не менее многократное применения пластидеза как средства личной гигиены предполагает проведение дезинфекции самого материала, бывшего в употреблении. При контакте с водой и водными растворами, составляющими основу химических дезинфектантов, исследуемый

композитный материал утрачивает свои физико-химические свойства. Оптимальным способом его дезинфекции выбрано трехкратное микроволновое (МВ) облучение по 10 минут. Для подтверждения надежности предложенного способа дезинфекции использованный пластидез подвергся дробному микроволновому облучению по указанной схеме, с последующим бактериологическим контролем смывов. Бактериологическое исследование проведено по стандартной методике, описанной выше [11].

Бактериологический контроль (см. табл.) показал частичную устойчивость *Staphylococcus aureus*, сорбированного пластидезом, к воздействию МВ-облучения ($0,20 \pm 0,13$ КОЕ) и

полное обеспложивание МВ-лучами *Esherychia coli* в использованном композитном материале. Учитывая общеизвестный высокий уровень устойчивости *Staphylococcus aureus* к различным способам дезинфекции [2], можно считать предложенную методику дезинфекции пластидеза целесообразной. Таким образом, исследования сорбционных и биоцидных свойств композиционного материала на основе боросилоксана (рабочее название – пластидез) показали возможность его эффективного применения в качестве многоцветного механического дезинфектанта кожи рук при условии обязательного обеспложивания самого материала трехкратным микроволновым облучением по 10 минут.

Таблица

Динамика бактериального обсеменения кожи рук и композитного материала на основе боросилоксана (пластидез) в процессе эксперимента

Этап эксперимента	<i>Staphylococcus aureus</i> (КОЕ)	<i>Esherychia coli</i> (КОЕ)
Кожа рук до применения Пластидез	$12,01 \pm 1,07$	$10,20 \pm 2,45$
Кожа рук после применения Пластидез	$1,10 \pm 0,59$	$0,93 \pm 0,24$
Разница показателей	84,55% – 96,10%	83,61% – 94,54%
Пластидез после использования	$6,10 \pm 0,35$	$0,90 \pm 0,03$
Пластидез после дезинфекции	$0,20 \pm 0,13$	0
Разница показателей	92,52% – 98,90%	100%

Работа поддержана грантом РФФИ № 14-07-00574. Авторы выражают благодарность профессору, доктору технических наук, профессору МГОУ В.В. Беляеву за ценные советы и инициирование работы, а также бактериологу городской клинической больницы № 1 г. Москва Н.В. Алесиной за помощь в обеспечении лабораторными материалами микробиологической части исследования.

ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ:

1. Воронков М.Г., Милешкевич В.П. Силоксановая связь. – Новосибирск: Наука, 1976. – 413 с.
2. Гаврилова И.А., Титов Л.П. Устойчивость госпитальных изолятов стафилококков и синегнойной палочки к дезинфицирующим средствам // Здоровоохранение. – 2011. – № 11. – С. 18-20.
3. Грубер В.Н. Синтез боросилоксанов с высоким содержанием бора и исследование их свойств / В.Н. Грубер, А.Л. Клебанский, Г.А. Круглова и др. // Вы-

- сокомолекулярные соединения (серия А). – 1972. – Т. 14 (№ 7). – С. 1476-1483.
4. Заболеваемость населения по основным классам болезней в январе-декабре 2013 г. / ФБГУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Роспотребнадзора [сайт]. – URL: http://www.fcgsen.ru/5/archive/sved2013_01-12.xls (дата обращения: 12.03.2015 г.)
 5. Милешкевич В.П., Южелевский Ю.А. Силоксановая связь // Журнал Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева. – 1981. – Т. 26 (№ 3). – С. 297-302.
 6. Митрофанов Л.А. К вопросу о межмолекулярном взаимодействии в полибордиметилсилоксанах / Л.А. Митрофанов, Е.А. Сидорович, А.В. Карлин и др. // Высокомолекулярные соединения (серия А). – 1969. – Т. XI (№ 4). – С. 782-786.
 7. Молоканова Ю.П., Медведева И.В., Анипко В.В. Микрофлора кожи по результатам обследования санитарно-эпидемиологического благополучия (на примере образовательных учреждений) // Вестник МГОУ. Серия: Естественные науки. 2014. № 5. С. 37-41.
 8. Общественное здоровье и здравоохранение / под ред. В.А. Миняева, Н.И. Вишнякова. – М.: МЕДпресс-информ, 2006. – 528 с.
 9. Пивоваров Ю.П., Королик В.В., Зиневич Л.С. Гигиена и основы экологии человека. – М.: Академия, 2004. – 530 с.
 10. Рогенгаген Ф.К. Мыла, их химический состав и дезинфицирующие свойства: дис... магистра фармации. – СПб., 1900. – 132 с.
 11. Снисаренко Т.А., Медведева И.В. Практикум по микробиологии и вирусологии: учебно-методическое пособие. – М.: МГОУ, 2014. – 24 с.
 12. Поверхностные явления и поверхностно-активные вещества: справочник / под ред. А.А. Абрамзона, Е.Д. Щукина. – Л.: Химия (ЛО), 1984. – 391 с.
 13. Absolom D.R. Surface thermodynamics of bacterial adhesion / D.R. Absolom, F.V. Lamberti, Z. Policova et al. // Appl. Environ. Microbiol. J. – 1983. – Vol. 46 (№ 1). – P. 90-97.
 14. Ariano P. Polymeric materials as artificial muscles: an overview / P. Ariano, D. Accardo, M. Lombardi et al. // J. of Appl. Biomaterials & Functional Materials. – 2015. – Vol. 13 (№ 1). – P. 1-9.
 15. Charkoudian J.C. A model skin surface for testing adhesion to skin // J. Soc. Cosmetic Chem. – 1988. – Vol. 39. – P. 225-234.
 16. Khyat A.El. Skin critical surface tension / A. El. Khyat, A. Mavon, M. Leduc et al. // Skin Research and Technology. – 1996. – Vol. 2 (№ 2). – P. 91-96.
 17. Lee Y.S., Wetzel E.D., Wagner N.J. The ballistic impact characteristics of Kevlar woven fabrics impregnated with a colloidal shear thickening fluid // Mat. Sci. – 2003. – Vol. 38. – P. 2825-2833.
 18. Maeda Sh. Active Polymer Gel Actuators / Sh. Maeda, Y. Hara, R. Yoshida et al. // Int. J. Mol. Sci. – 2010. – Vol. 11. – P. 52-66.
 19. Siqueira R.L. Poly (borosiloxanes) as precursors for carbon fiber ceramic matrix composites / R.L. Siqueira, In.V.P. Yoshida, L.Cl. Pardini et al. // Materials Research. – 2007. – Vol. 10 (№ 2). – P. 22-24.