

УДК 615.46.47:678.046.76

*В. И. ДУБКОВА¹, М. В. СОЛОВСКИЙ², М. Ю. СМЕРНОВА²,
Е. Ф. ПАНАРИН², Н. П. КРУТЬКО¹, О. И. МАЕВСКАЯ¹, Н. А. БЕЛЯСОВА³*

ПОЛИМЕРНО-КОМПОЗИЦИОННЫЕ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫЕ И УГЛЕВОЛОКНИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ С АНТИМИКРОБНОЙ АКТИВНОСТЬЮ

¹*Институт общей и неорганической химии НАН Беларуси, Минск,*
²*Институт высокомолекулярных соединений РАН, Санкт-Петербург,*
³*Белорусский государственный технологический университет, Минск*

(Поступила в редакцию 04.07.2012)

Введение. Интенсивное развитие химии биологически активных полимерных материалов обусловлено непрерывно растущим уровнем медицинских технологий и возникающей в связи с этим необходимостью создания изделий и средств на основе синтетических и натуральных полимеров для восстановления и обеспечения нормальной жизнедеятельности организма [1]. К числу наиболее востребованных биологически активных полимеров относятся антибактериальные [2, 3]. Для придания полимерным материалам (как природным, так и синтетическим), антимикробной активности используют методы химического модифицирования полимерной матрицы с последующим присоединением (иммобилизацией) к ней лекарственных веществ или их включением в структуру полимера [4, 5]. Перспективной основой для иммобилизации различных лекарственных веществ (индивидуальных и в комплексе с полимером-носителем) являются волокнистые материалы на основе производных целлюлозы, а также полученные из них углеродные волокна и ткани [6–9].

Макромолекула целлюлозы, построенная из ангидро-глюкозных звеньев, не имеет структурных элементов, которые могли бы обусловить нежелательные химические воздействия на биологические среды, как и продукты ее распада в «мягких» условиях. Целлюлоза доступна в разных физических формах, имеется широкий ассортимент целлюлозных волокон и некоторых ее производных, выпускаемых промышленностью. Отдельные производные целлюлозы прошли тщательную экспериментальную и клиническую апробацию в качестве биосовместимых материалов. Таковым является фосфат целлюлозы, который разработан в Институте общей и неорганической химии НАН Беларуси, разрешен к применению в медицине и использовался в качестве сорбента для стабилизации крови и энтеросорбента [10, 11]. Карбонизованный продукт фосфата целлюлозы (углеродный волокнистый материал) является полифункциональным ионитом, содержащим слабо- и сильнокислотные группы [12]. В соответствии с результатами токсиколого-гигиенических, медико-биологических и морфологических исследований фосфорсодержащие углеволокнистые материалы отнесены к малотоксичным соединениям IV класса опасности. Они не обладают местным раздражающим, кожно-резорбтивным и сенсibiliзирующим действием, проявляют гемостатические, тромборезистентные свойства [13, 14]. Могут использоваться в медицинской практике как самостоятельно, так и в качестве модифицированного углеволокнистого наполнителя полимерных композиционных материалов, предназначенных для имплантации при реконструктивно-восстановительных операциях в хирургии [15–17].

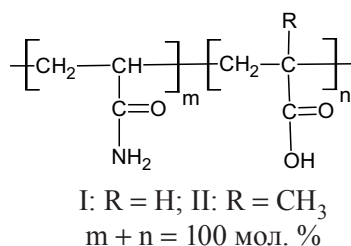
Существенный интерес в части применения фосфорсодержащих волокнистых целлюлозных и углеродных материалов в хирургии представляет разработка на их основе материалов, содержащих химически связанные антимикробные вещества. Такие углеродные и целлюлозные во-

локнистые материалы, а также другие антимикробные волокна, обладающие бактерицидной активностью, могут найти применение в виде шовных материалов для борьбы как с первичными бактериальными инфекциями, так и с госпитальной микробной инфекцией, а также при создании имплантатов.

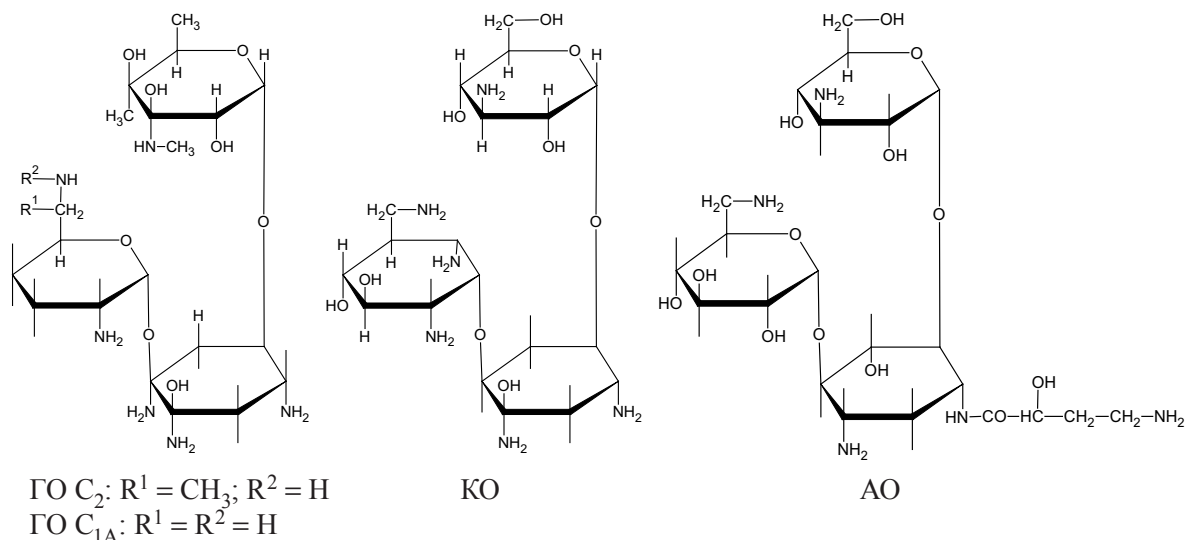
Обычно антимикробные волокна получают путем сорбции на волокнистые иониты из водных растворов низкомолекулярных антибиотиков, антисептиков, содержащих ионогенные группы. Например, антибиотики основного характера (аминогликозиды стрептомицин, неомицин) сорбируют на привитой волокнообразующий сополимер целлюлозы и полиакриловой кислоты [18]. Для более прочного закрепления антибиотика-аминогликозида в структуре волокнистого материала в настоящей работе предложено проводить сорбцию на волокнистые целлюлозные и углеродные иониты полимерных комплексов аминогликозидов с карбоксилсодержащими сополимерами акриламида (АА).

Цель работы – придание фосфорсодержащим волокнистым целлюлозным и углеродным материалам антимикробной активности путем иммобилизации на их поверхности полимерных комплексов антибиотиков-аминогликозидов.

Материалы и методы исследования. В качестве полимеров-носителей в комплексах синтезированы доступные нетоксичные водорастворимые низкомолекулярные сополимеры АА с акриловой (АК) и метакриловой (МАК) кислотами I и II [19]. Соплимеры содержали 18–20 мол. % карбоксильных групп и имели молекулярные массы, определенные вискозиметрическим методом, в диапазоне 25 000–27 000 Да.



В качестве антимикробных веществ использовали широко применяемые в клинике антибиотики гентамицин и амикацин, а также канамицин, антимикробный спектр которого включает и микобактерии туберкулеза. На предварительном этапе работы водные растворы гентамицина сульфата, амикацина сульфата и канамицина сульфата пропускали через колонку с анионитом ЭДЭ-10 П в OH⁻ форме, переводя антибиотики в основания: гентамицин основание (ГО), амикацин основание (АО) и канамицин основание (КО) соответственно.



Комплексообразование ГО, АО, КО с сополимерами АА–АК, АА–МАК проводили в водном растворе, при нейтральном значении рН, при массовом соотношении антибиотик–сополимер,

равном 0,2–0,3/1. Наличие комплексообразования между сополимерами и антибиотиками-аминогликозидами в этих условиях подтверждали методами вискозиметрии, потенциометрического титрования и равновесного диализа. Образующиеся комплексы полностью сохраняли антими-кробный спектр и уровень антимикробной активности немодифицированных антибиотиков и по сравнению с последними характеризовались в 4 раза меньшей токсичностью *in vitro* [20].

Фосфорилирование целлюлозных волокон и тканей осуществляли с использованием водных растворов ортофосфорной кислоты в присутствии мочевины по методике, приведенной в [11]. Углеродные фосфорсодержащие материалы получали путем карбонизации фосфорилированных волокон и тканей, как описано в работе [12]. Статическая обменная емкость используемого фосфата целлюлозы составляла 1,9 мг-экв/г, фосфорсодержащих углеродных волокон – 2,7 мг-экв/г.

Иммобилизацию полимерных комплексов антибиотиков (ПК) на фосфатцеллюлозную (ФЦ) и фосфорсодержащую углеродную подложки (ФУТ) проводили методом ионообменного замещения путем сорбции ПК из 3%-ных водных растворов. Отрезки ФЦ и ФУТ помещали в бюксы, в которые заливали 3%-ные растворы ПК (модуль ванны составлял 1:10). Бюксы плотно закрывали крышками и выдерживали волокнистые материалы в растворах ПК при комнатной температуре в течение 48–72 ч. Затем их извлекали и сушили под вакуумом при 40 °С в течение 4 ч, а потом 10 ч при комнатной температуре. Дополнительную термообработку проводили при температуре 95 °С в течение 1,5 ч. Определяли привес ПК на высушенных образцах ФЦ и ФУТ.

Для оценки структуры и свойств полимерно-композиционных волокнистых материалов (ПКВМ) использовали ИК-спектроскопию, совмещенный метод дифференциально-термического анализа (ДТА), термогравиметрии (ТГ) и дифференциальной термогравиметрии (ДТГ). ИК-спектры полимерных комплексов, материала-подложки и полученных после иммобилизации ПКВМ записывали на Фурье-спектрометре MIDAC Corporation (США) с использованием образцов, приготовленных по методу запрессовки их с КВг. Термический анализ отдельных компонентов и ПКВМ, не подвергавшихся термообработке при 95 °С, проводили на дериватографе OD-102 системы Ф. Паулик, Й. Паулик и Л. Эрдей фирмы MOM (Венгрия) в воздушной среде в интервале температур 25–500 °С при постоянной скорости подъема температуры 5 град/мин в специально изготовленных тиглях разового пользования, выполненных из термостойкого стекла, инертного по отношению к исследуемому материалу. Чувствительность гальванометров ДТГ и ДТА составляла 1/3 и 1/5 соответственно. Эталонном служил прокаленный при 1400 °С порошок оксида алюминия.

Антибактериальную активность полимерно-композиционных волокнистых материалов по отношению к санитарно-показательным штаммам бактерий *Escherihia coli*, *Salmonella* sp., *Staphylococcus* sp. определяли на кафедре биотехнологии и биоэкологии БГТУ методом диффузии в агар [21]. Для этого суточные культуры бактерий (100 мкл) вносили в 10 мл расплавленного и остуженного до 47 °С на водяной бане полужидкого питательного агара (0,7%), быстро перемешивали и выливали на слой застывшего и подсушенного плотного питательного агара (1,5%). Образцы дисков размещали на поверхности инокулированных сред, на 1 ч оставляли в холодильнике для того, чтобы произошла диффузия биоцидов в агар, после чего перемещали в термостат на 30 °С и инкубировали посеы сутки. После инкубирования учитывали диаметр зон ингибирования роста тест-культур. В качестве контроля использовали диски из немодифицированной целлюлозной и углеродной ткани. Проводили три серии экспериментов в одних и тех же условиях.

Результаты и их обсуждение. На рис. 1 представлены ИК-спектры полученных ПКВМ и их индивидуальных составляющих. В ИК-спектре фосфорилированной целлюлозной подложки проявляются слабоинтенсивная интегральная полоса поглощения при 520 см⁻¹ и плечи в области частот 790 и 1240 см⁻¹, которые по аналогии с низкомолекулярными фосфатами относят к неплоскостным и плоскостным деформационным колебаниям Р–ОН групп соответственно [22]. Появляющееся плечо при 830 см⁻¹, так же как и обнаруживаемый дублет (плечи 1220 и 1240 см⁻¹) связывают с валентными колебаниями групп Р=О [10]. В результате фосфорилирования материала-подложки наблюдаются также перераспределение интенсивностей интегральных полос поглощения в области частот 1020 и 1075 см⁻¹, появляются характеристические полосы по-

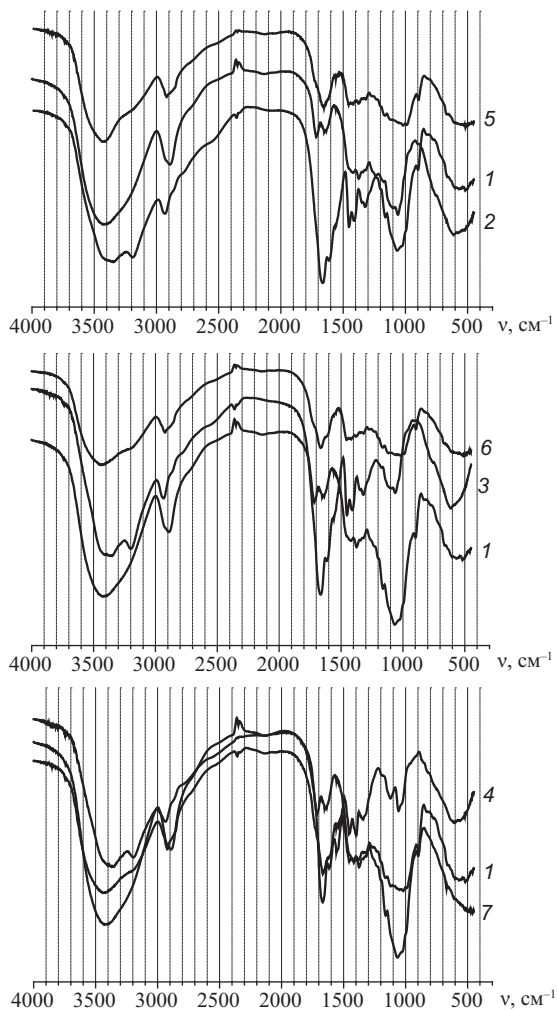


Рис. 1. ИК-спектры волокнистого фосфата целлюлозы (1), полимерных комплексов (АА-АК) + КО (2), (АА-АК) + АО (3), (АА-МАК) + ГО (4) и ПКВМ с (АА-АК) + КО (5), (АА-АК) + АО (6), (АА-МАК) + ГО (7)

тричных колебаний алифатических CH_2 групп при 2934 см^{-1} [22, 25].

При иммобилизации полимерных комплексов на ФЦ подложку ее ИК-спектр претерпевает изменения как в низкочастотной, так и в высокочастотной области. Анализ инфракрасных спектров поглощения всех полученных ПКВМ показывает, что колебательные спектры последних не являются суперпозицией спектров волокнистой подложки и используемых полимерных комплексов. Наблюдается значительное понижение интенсивностей всех характеристических полос поглощения в области $3000\text{--}3500 \text{ см}^{-1}$. Имеет место смещение интегральной полосы поглощения волокнистой подложки при 3434 см^{-1} в сторону повышения частот на $3\text{--}12 \text{ см}^{-1}$. Вместо интегральной полосы поглощения при 3200 см^{-1} появляется широкое плечо в области $3200\text{--}3300 \text{ см}^{-1}$; вторая полоса поглощения при 3355 см^{-1} , характеризующая валентные колебания NH полимерных комплексов, не проявляется. Изменяется характер поглощения продукта иммобилизации в области $2850\text{--}2890 \text{ см}^{-1}$: вместо интегральной полосы поглощения ПК при 2934 см^{-1} и фосфорилированной подложки при 2890 см^{-1} появляется интегральная полоса поглощения с максимумом при 2925 см^{-1} с последующим уширением до 2850 см^{-1} .

В низкочастотной области наблюдается исчезновение полос поглощения полифосфата при $520, 1650$ и 1720 см^{-1} (побочного продукта фосфорилирования), что можно объяснить протекающими процессами дальнейших превращений функциональных групп подложки под активным влиянием полимерного комплекса и возможного его включения в реакции взаимодействия, поскольку известно, что акриламида в водном растворе могут реагировать с аминами и их произ-

глотнения при 1650 см^{-1} (плоские деформационные колебания NH_2) и 1720 см^{-1} (валентные колебания $\text{C}=\text{O}$). Наличие двух последних интегральных полос поглощения свидетельствует о присутствии азотсодержащих продуктов взаимодействия целлюлозы с мочевиной, протекающего в условиях термообработки при фосфорилировании, в частности карбамата целлюлозы, что удовлетворительно согласуется с данными, приведенными в работе [11]. Обнаруживаемая в ИК-спектре модифицированной волокнистой подложки интегральная полоса поглощения при 520 см^{-1} указывает на образование эфиров полифосфорной кислоты. Известно, что интегральные полосы поглощения в области частот $450\text{--}550 \text{ см}^{-1}$ относят к деформационным колебаниям O-P-O групп для структурных элементов полифосфатов [23]. В высокочастотной области ИК-спектра фосфата целлюлозы проявляется интегральная полоса поглощения при 2890 см^{-1} (ν_{CH}) и наблюдается интенсивное поглощение в области $3000\text{--}3500 \text{ см}^{-1}$ с максимумом при 3434 см^{-1} , обусловленное валентными колебаниями связанных OH групп [24].

В ИК-спектрах исследуемых полимерных комплексов проявляются основные характеристические колебания, относящиеся к полосам поглощения амидных групп: присутствуют полосы поглощения валентных колебаний $\text{C}=\text{O}$ и CN групп в области $1660\text{--}1670 \text{ см}^{-1}$ (амид I), валентных колебаний CN и деформационных колебаний NH групп при 1558 см^{-1} (амид II), а также две полосы поглощения валентных колебаний NH при 3200 и 3355 см^{-1} (группа CONH_2) и валентных асим-

водными. Наряду с этим в ИК-спектрах всех ПКВМ отчетливо проявляется интегральная полоса поглощения при 990 см^{-1} (поглощение фосфат-иона [26]), обнаруживается новая широкая интегральная полоса поглощения в области $1030\text{--}1100\text{ см}^{-1}$ с заметным максимумом при 1080 см^{-1} , которые относят к характеристическим колебаниям алкилзамещенных фосфатов [21, 23]. В совокупности с выявленными и указанными выше значительными изменениями в спектрах ПКВМ в области поглощения валентных колебаний NH при 3200 и 3355 см^{-1} группы -CONH_2 это является свидетельством сложного характера химического взаимодействия волокнистой подложки с полимерным комплексом (известно, что водород амидной группы полиамидов также способен замещаться на алкильные и другие радикалы). Таким образом, результаты ИК-спектроскопических исследований говорят о прививке полимерного комплекса к волокнистому материалу подложки.

Взаимодействие поверхностных групп фосфорсодержащих волокнистых подложек с иммобилизованными на их поверхностях полимерными комплексами подтверждается и данными дифференциально-термического анализа (рис. 2). Ход кривых ДТА и ТГ ПКВМ на основе фосфорсодержащих тканей (как целлюлозной, так и углеродной) отличается от таковых для немодифицированных волокнистых подложек во всем диапазоне исследуемых температур. В области температур нагрева $90\text{--}200\text{ }^\circ\text{C}$ для ПКВМ на основе фосфата целлюлозы и фосфоруглеродной подложки обнаруживается широкий экзотермический эффект при весьма незначительной потере массы (рис. 2, в, з, кривые 6, 8), не характерный для ПКВМ с немодифицированными подложками (рис. 2, в, з, кривые 5, 7). Наблюдаемое можно объяснить последующими процессами превращений в связанной системе ПКВМ, приводящими к стабилизации комплексного соединения, полученного в результате ионного обмена на твердой подложке. Выявленный экзотермический эффект подтверждает целесообразность проводимого дополнительного прогрева при формировании ПКВМ с антимикробными свойствами.

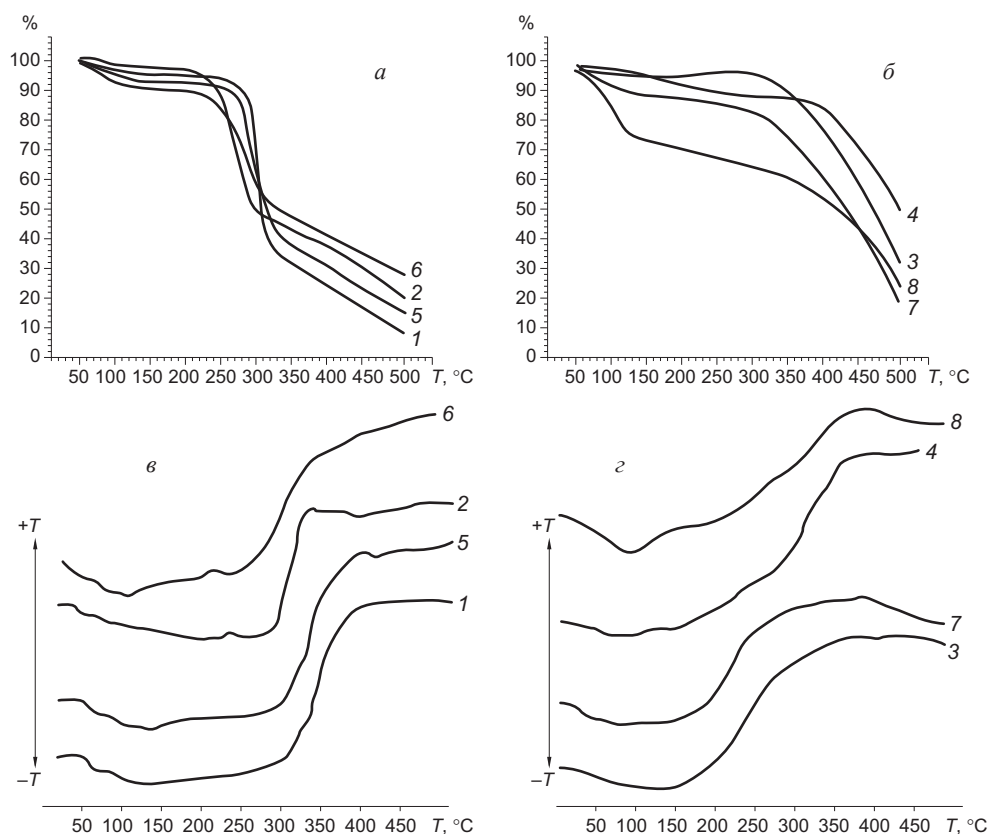


Рис. 2. ТГ (а, б) и ДТА (в, з) – кривые целлюлозной (1), фосфатцеллюлозной (2), углеродной (3), фосфоруглеродной (4) подложек до иммобилизации полимерных комплексов и после (5, 6, 7, 8 соответственно). Полимерный комплекс на основе АА–АК с амикацином (а, в) и АА–МАК с гентамицином (б, з)

Антибактериальная активность полимерных комплексов антибиотиков –аминогликозидов, иммобилизованных на модифицированной волокнистой подложке

Полимерный комплекс (ПК)		Материал-подложка	Время выдержки в растворе ПК, ч	Привес ПК на материале-подложке после сорбции, мас. %	Зона ингибирования роста бактерий вокруг дисков образцов, мм		
Наименование	Содержание антибиотика, мас. %				<i>Escherichia coli</i>	<i>Salmonella sp.</i>	<i>Staphylococcus sp.</i>
AA-МАК + ГО	30	ФЦ	72	5,4	3	5	5
		ФУТ	48	4,0	9	13	12
AA-АК + КО	20	ФЦ	72	7,7	3	5	6
		ФУТ	48	4,6	11	14	14
AA-АК +АО	20	ФЦ	72	7,5	3	5	6
		ФУТ	48	4,0	8	15	15

Примечание. AA – акриламид; МАК – метакриловая кислота; ГО – гентамицин основание; АК – акриловая кислота; КО – канамицин основание; АО – амикацин основание.

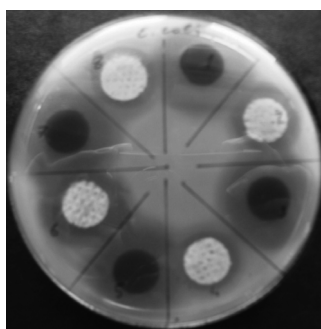


Рис. 3. Зоны задержки роста бактерий *Escherichia coli* вокруг образцов ПКВМ

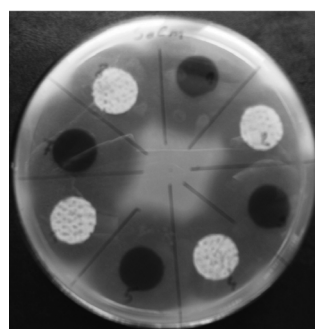


Рис. 4. Зоны задержки роста бактерий *Salmonella sp.* вокруг образцов ПКВМ

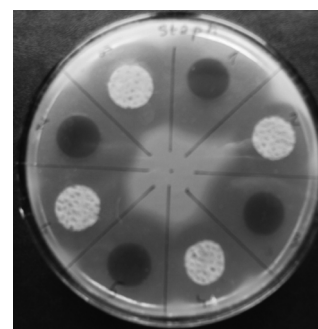


Рис. 5. Зоны задержки роста бактерий *Staphylococcus sp.* вокруг образцов ПКВМ

На образование прочной химической связи полимерного комплекса с фосфорилированными подложками на стадии иммобилизации указывает также измененный характер последующих термодеструктивных процессов ($T > 250\text{ }^{\circ}\text{C}$) и уменьшение скорости реакций разложения получаемых полимерно-композиционных волокнистых материалов, что в итоге приводит к повышению выхода их коксовых остатков (рис. 2, а, б, кривые 6, 8) по сравнению с ПКВМ на основе немодифицированных подложек (рис. 2, а, б, кривые 5, 7).

Изучена антибактериальная активность полимерных комплексов антибиотиков-аминогликозидов, иммобилизованных на поверхностях фосфорсодержащих волокнистых материалов. Результаты диффузионного метода испытаний приведены в таблице. На рис. 3–5 приведены результаты диффузионных тестов с использованием разных бактериальных культур: *Escherichia coli*, *Salmonella sp.*, *Staphylococcus sp.* Полученные данные свидетельствуют о том, что все образцы характеризуются выраженными антибактериальными свойствами, поскольку эффективно задерживают рост бактерий всех трех испытанных штаммов (для контрольных образцов зоны задержки роста бактерий не регистрировались). Наименее чувствительными к образцам ПКВМ являются бактерии *Escherichia coli*. Также следует отметить, что в большей степени антисептический эффект проявляется при иммобилизации полимерных комплексов на фосфорсодержащей углеродной подложке.

Заключение. Разработан способ иммобилизации полимерных комплексов антибиотиков-аминогликозидов на фосфатцеллюлозных и фосфоруглеродных волокнистых подложках.

Показано, что в условиях формирования полимерно-композиционного материала с антимикробными свойствами имеет место прививка полимерных комплексов к модифицированной волокнистой поверхности материала-подложки.

Полученные полимерно-композиционные волокнистые материалы характеризуются выраженными антибактериальными свойствами по отношению к испытанным штаммам бактерий: *Escherichia coli*, *Salmonella* sp., *Staphylococcus* sp.

Литература

1. Перепёлкин Л. П. // Хим. волокна. 1999. № 6. С. 7–11.
2. Перепёлкин Л. П. // Хим. волокна. 2000. № 6. С. 3–13.
3. Гуцин Н. А., Островидова Г. У., Соснов Е. А. // Журн. прикл. химии. 2008. Т. 81. Вып. 1. С. 132–135.
4. Голубчикова О. А., Горнухина О. В., Вершинина И. А. и др. // Химия и хим. технол. 2007. Т. 50. Вып. 5. С. 65–68.
5. Винидиктов Н. С., Пинчук Л. С., Гольдаде В. А., Новиков В. П. // Докл. НАН Беларуси. 2009. Т. 53, № 5. С. 108–112.
6. Котельников Н. Е., Михайлова С. А., Власова Е. Н. // Журн. прикл. химии. 2007. Т. 80. Вып. 2. С. 323–330.
7. Гофман И. В., Буянов А. Л., Хрипунов А. К. и др. // Материалы. Технологии. Инструменты. 2006. Т. 11, № 1. С. 35–41.
8. Дубкова В. И., Крутько Н. П., Соловский М. В. и др. // Докл. НАН Беларуси. 2007. Т. 51, № 3. С. 71–75.
9. Соловский М. В., Дубкова В. И., Крутько Н. П. и др. // Весці НАН Беларусі. Сер. мед. навук. 2009. № 4. С. 16–23.
10. Буглов Е. Д., Ермоленко И. Н., Довгалёв С. И. и др. Получение бесцитратной крови с применением фосфата целлюлозы. Минск, 1971. – 300 с.
11. Ермоленко И. Н., Буглов Е. Д., Люблинер И. П., Довгалёв С. И. Новые волокнистые сорбенты медицинского назначения. Минск, 1978.
12. Дубкова В. И., Ермоленко И. Н., Люблинер И. П. и др. // Весці НАН Беларусі. Сер. хім. навук. 1980. № 6. С. 105–110.
13. Бондаренко Л. М., Дубкова В. И., Сысова О. В. и др. // Влияние антропогенных факторов на структурные преобразования органов, тканей, клеток человека и животных: материалы 2-го Всерос. науч.-техн. конф., Саратов, 16–18 сент. 1993 г. Саратов, 1993. Ч. 3. С. 127.
14. Олешкевич Л. А., Бондаренко Л. М., Сысова О. В. и др. // Материалы 9-го съезда работников профилакт. медицины Респ. Беларусь. Минск, 1996. Т. 2. С. 80–82.
15. Дубкова В. И., Глинник А. В. // Разработка импортозамещающих технологий и материалов в химической промышленности: материалы Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 20–22 октября 1999 г. Минск, 1999. С. 44–45.
16. Dubkova V. I., Maevskaya O. I., Chudakov O. P., Glinnik A. V. // Material of the III Symp. Inzynieria Ortopedyczna I Protetyczna, Bialystok, 25–27 czerwca 2001. Bialystok, 2001. S. 29–35.
17. Дубкова В. И., Маевская О. И., Глинник А. В., Чудаков О. П. // Весці НАН Беларусі. Сер. мед. навук. 2010. № 1. С. 68–77.
18. Вольф Л. А., Емец Л. В., Костров Ю. А. и др. Волокна с особыми свойствами. М., 1980. – 240 с.
19. Соловский М. В., Гаврилова И. И., Смирнова М. Ю., Шульцева Е. Л. // Химия и хим. технол. 2008. № 1. С. 72–73.
20. Соловский М. В., Еропкин М. Ю., Смирнова М. Ю. и др. // Хим.-фарм. журн. 2010. № 6. С. 28–32.
21. Методы испытания противомикробной активности антисептических препаратов профилактического назначения. Минск, 1996.
22. Наканиси К. Инфракрасные спектры и строение органических соединений. М., 1965.
23. Скорынина И. С., Гусев С. С., Воробьева Н. К., Ермоленко И. Н. // Высокомолек. соед. 1970. Т. 12А, № 11. С. 2452–2456.
24. Казыцына Л. А., Куплетская Н. Б. Применение УФ-, ИК- и ЯМР-спектроскопии в органической химии: учеб. пособие для вузов. М., 1971. – 264 с.
25. Купцов А. Х., Жижин Г. Н. Фурье-спектры комбинационного рассеяния и инфракрасного поглощения полимеров: справочник. М., 2001. – 656 с.
26. Беллами Л. Инфракрасные спектры сложных молекул. М., 1963. – 590 с.

V. I. DUBKOVA, M. V. SOLOVSKIY, M. Yu. SMIRNOVA, E. F. PANARIN, N. P. KRUTKO,
O. I. MAEVSKAJA, N. A. BELJASOVA

POLYMER-COMPOSITE CELLULOSE AND CARBON FIBROUS MATERIALS WITH ANTIMICROBIC PROPERTIES

Summary

New antimicrobial polymer-composite fibrous materials developed on the basis of phosphate cellulose and phosphor-carbon substrates with inoculated to their surfaces of the polymeric complexes of antibiotics- aminoglycosides (gentamycin, amikacin and kanamycin) with nontoxic water-soluble carboxyl containing copolymers of acrylamide possess expressed antibacterial properties in relation to *Escherichia coli*, *Salmonella* sp., *Staphylococcus* sp. bacteria.