

Антибактериальные и антимикотические свойства модифицированных углеродных сорбентов

*В. Т. ДОЛГИХ¹, *Л. Г. ПЬЯНОВА², А. В. ЛАВРЕНОВ², Е. В. НАУМКИНА³,
А. В. СЕДАНОВА², М. С. ДЕЛЯГИНА², Д. Н. ОГУРЦОВА²

¹ НИИ общей реаниматологии им. В. А. Неговского ФНКЦ РР, Москва, Россия

² Центр новых химических технологий ИК СО РАН, Институт катализа СО РАН, Омск, Россия

³ Омский государственный медицинский университет, Омск, Россия

Antibacterial and Antimycotic Properties of Modified Carbon Sorbents

*VLADIMIR T. DOLGIKH¹, *LYDIA G. P'YANOVA²,
ALEXANDER V. LAVRENOV², ELENA V. NAUMKINA³, ANNA V. SEDANOVA²,
MARIA S. DELYAGINA², DIANA N. OGURTSOVA²

¹ V. A. Negovsky Research Institute of General Reanimatology, Moscow, Russia

² Center of New Chemical Technologies BIC, Boreskov Institute of Catalysis, Omsk, Russia

³ Omsk State Medical University, Omsk, Russia

Резюме

Цель — изучение биологической активности модификаторов и образцов углеродного сорбента, модифицированного ими, по отношению к некоторым видам микроорганизмов.

Материал и методы. Исследуемый углеродный сорбент и модифицированные образцы получены в Центре новых химических технологий ИК СО РАН. В качестве модификаторов применяли гликолевую и молочную кислоту, глицин и глутаминовую кислоту. В качестве тест-культур использовали штаммы *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Klebsiella pneumoniae* 418, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Candida albicans*. В лунки стерильного планшета помещали исследуемый образец, затем добавляли рабочую взвесь тест-культуры в количестве 2,0 мл до полного смачивания 1:1. Выживаемость микроорганизмов определяли путём количественных высевов из каждой лунки смеси «образец — микроорганизм» на чашки Петри с простым питательным агаром методом секторных посевов (Голда). Видовую принадлежность культур подтверждали результатами изучения культуральных, морфологических и биохимических свойств.

Результаты. Проведённые исследования продемонстрировали высокую антибактериальную и антимикотическую активность образцов углеродных сорбентов, модифицированных гидроксикислотами, по отношению к наиболее распространённым условно-патогенным возбудителям гнойно-воспалительных заболеваний бактериальной и грибковой природы в сравнении с исходным образцом сорбента. Наибольшую антибактериальную и антимикотическую активность проявил углеродный сорбент, модифицированный олигомером молочной кислоты.

Заключение. Установлена высокая антибактериальная и антимикотическая активность образцов углеродных сорбентов, модифицированных гидроксикислотами и аминокислотами, по отношению к наиболее распространённым условно-патогенным возбудителям гнойно-воспалительных заболеваний бактериальной и грибковой природы в сравнении с исходным образцом сорбента. Образец углеродного сорбента, модифицированный аминокислотами, обладает выраженным антибактериальным действием в отношении всех изученных бактериальных тест-штаммов, но слабо проявляет антимикотические свойства. Применение модифицированных углеродных сорбентов — перспективное направление для аппликационной терапии гнойно-воспалительных инфекций.

Ключевые слова: модификация углеродного сорбента; гликолевая кислота; молочная кислота; аминокислоты; тест-штаммы микроорганизмов

Для цитирования: Долгих В. Т., Пьянова Л. Г., Лавренов А. В., Наумкина Е. В., Седанова А. В., Делягина М. С., Огурцова Д. Н. Антибактериальные и антимикотические свойства модифицированных углеродных сорбентов. *Антибиотики и химиотерапия*. 2022; 67: 11–12: 4–9. <https://doi.org/10.37489/0235-2990-2022-67-11-12-4-9>.

Abstract

The aim of the work was to study the biological activity of modifiers and carbon sorbent samples modified by them in relation to some types of microorganisms.

Material and methods. The carbon sorbent under study and the modified samples were obtained at the Center of New Chemical Technologies BIC. Glycolic acid, lactic acid, glycine, and glutamic acid were used as modifiers. Strains of *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, *Klebsiella pneumoniae* 418, *Escherichia coli* ATCC 25922,

© Коллектив авторов, 2022

*Адрес для корреспонденции: ул. Нефтезаводская, д. 54,
Институт катализа СО РАН, г. Омск, Россия, 644040.
E-mail: medugli@ihcp.ru

© Team of Authors, 2022

*Correspondence to: 54 Neftezavodskaya st., Boreskov Institute of Catalysis, Omsk, 644040 Russia. E-mail: medugli@ihcp.ru

Candida albicans (clinical strain) were used as test cultures. The test sample was placed in the wells of a sterile plate, then a working suspension of the test culture was added in the amount of 2.0 ml until completely wet 1:1. The survival of microorganisms was determined by quantitative inoculation from each well of the «sample — microorganism» mixture on Petri dishes with simple nutrient agar using the sector crop method (Gold). The culture species were confirmed by studying their cultural, morphological, and biochemical properties.

Results. The conducted studies have demonstrated high antibacterial and antimycotic activity of carbon sorbent samples modified with hydroxyl acids in relation to the most common opportunistic pathogens of pyoinflammatory diseases of bacterial and fungal nature in comparison with the initial sorbent sample. The carbon sorbent modified with lactic acid oligomer showed the highest antibacterial and antimycotic activity.

Conclusion. High antibacterial and antimycotic activity of carbon sorbent samples modified with hydroxy acids and amino acids in relation to the most common opportunistic pathogens of pyoinflammatory diseases of bacterial and fungal nature was established in comparison with the initial sample of the sorbent. The carbon sorbent sample modified with amino acids has a pronounced antibacterial effect against all studied bacterial test strains, but exhibits weak antimycotic properties. The use of modified carbon sorbents is a promising direction for the application therapy of pyoinflammatory infections.

Keywords: carbon sorbents; modification; glycolic acid; lactic acid; amino acids; test strains of microorganisms

For citation: Dolgikh V. T., P'yanova L. G., Lavrenov A. V., Naumkina E. V., Sedanov A. V., Delyagina M. S., Ogurtsova D. N. Antibacterial and antimycotic properties of modified carbon sorbents. *Antibiotiki i Khimioter = Antibiotics and Chemotherapy*. 2022; 67: 11–12: 4–9. <https://doi.org/10.37489/0235-2990-2022-67-11-12-4-9>.

Введение

Потенциально опасные микроорганизмы и продукты их жизнедеятельности, накапливаясь в организме при ряде заболеваний, наносят огромный вред здоровью людей. Традиционно применяемое в таких случаях специфическое лечение, основанное на применении биологически активных препаратов или химиотерапевтических средств, не всегда оправдывает себя и является крайне затратным. В то же время такие негативные факторы, как быстро возникающая резистентность возбудителей к антибактериальным соединениям, иммунодепрессивные свойства лекарственных препаратов, нарушения микроэкологии и возрастание этиологической роли условно-патогенных микроорганизмов под влиянием терапевтических средств, побуждают исследователей к поиску новых путей оптимизации лечебного процесса инфекций.

Для выведения из организма токсинов широко используются сорбенты. Среди сорбционных материалов наибольший интерес представляют углеродные сорбенты, безопасные для организма. Они проявляют высокую активность в отношении бактерий и продуктов их метаболизма путём инактивации микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности с последующим их выведением из организма. Как правило, сорбенты активны только в отношении узкого спектра возбудителей.

Повышение биоспецифических свойств сорбентов возможно за счёт нанесения на их поверхность модификаторов — препаратов, проявляющих активность в отношении широкого спектра возбудителей, но не оказывающих отрицательного воздействия на организм. В качестве модификаторов применяются биологически активные вещества различной природы, обладающие антибактериальными и антимикотическими свойствами.

Действие модифицированных сорбентов основано на совмещении адсорбционных свойств нанопористой углеродной матрицы и антибактериальных, антимикотических свойств модификаторов.

В Центре новых химических технологий ИК СО РАН (ЦНХТ ИК СО РАН) создан гранулированный сорбент на основе нанодисперсного углерода, обладающий высокой совместимостью с биологическими жидкостями. Многолетними исследованиями показано, что разрабатываемые сорбенты проявляют высокую эффективность в сопоставлении с традиционной медикаментозной терапией, но, в отличие от лекарств, сам углеродный носитель остаётся химически инертным и является безопасным для организма. В настоящее время в ЦНХТ ИК СО РАН ведутся исследования по технологии модификации углеродных сорбентов гидроксикислотами (гликолевой и молочной кислотой), аминокислотами (глицином и глутаминовой кислотой), обладающими антибактериальными, антимикотическими, противовоспалительными свойствами [1–3].

Выбор гликолевой кислоты (ГК) в качестве модификатора углеродных сорбентов с целью создания новых материалов медицинского назначения обусловлен её свойствами, отвечающими требованиям медицины: нетоксичность, наличие кислородсодержащих групп, способных вступать в реакцию поликонденсации с образованием биологически активного полимера, хорошая растворимость в воде, близкое подобие по химическому составу с биополимерами (например, белками). Известно, что гликолевая кислота и её производные, полученные при поликонденсации (олигомеры, полимеры) проявляют противовоспалительные и антибактериальные свойства, обладают биосовместимостью и относятся к биоразлагаемым соединениям [4]. Гликолевая кислота — органическое соединение $C_2H_4O_3$ природного про-

исхождения с молекулярной массой 76,05 г/моль. Молекула гликолевой кислоты имеет малые размеры (5,3Å×3,12Å) и хорошо растворима в воде, спиртах, эфирах и относится к α-гидроксикислотам. Гликолевая кислота широко применяется в косметологии и медицине (маски, крема, мази, лекарственные препараты и т. д.) [5].

Ряд исследовательских работ направлен на изучение синтеза и продуктов поликонденсации гликолевой кислоты. Наибольший интерес представляет полигликолид. Его получают с использованием катализаторов на основе соединений сурьмы, цинка, олова и др. [6]. Известен способ получения полигликолида при нагревании соли щелочного металла монохлоруксусной кислоты в среде растворителя с последующей фильтрацией полигликолевой кислоты от неорганической соли. Нагревание осуществляют в среде безводного биполярного растворителя — диметилсульфоксида, диметилацетамида или гексаметилфосфортриамида. Однако использование таких катализаторов или растворителей является нежелательным при разработке материалов медицинского назначения.

Молочная кислота (МК) также проявляет противовоспалительные и антисептические свойства. Благодаря наличию карбоксильной и гидроксильной групп она способна вступать в реакцию поликонденсации с образованием линейных биоразлагаемых полиэфиров. Преимущество молочной кислоты и её производных — биосовместимость, нетоксичность, способность к биоразложению [7–9]. Она обладает антибактериальным действием при концентрации не менее 0,5% и обеспечивает низкий pH среды (3,7–4,5), которая благоприятна для жизнедеятельности нормальной микрофлоры организма и губительна для патогенных микроорганизмов, являющихся возбудителями инфекционных заболеваний в акушерстве, гинекологии, гастроэнтерологии — кислая среда (pH≤4) [10]. Поддержание кислой среды — важнейший контролируемый фактор, препятствующий колонизации патогенных микроорганизмов этой экологической ниши. Известно, что в лекарственных препаратах чаще используется протонированная форма молочной кислоты, которая лучше усваивается организмом и способна снижать pH биологической среды до 2,8–4,2.

Выбор таких аминокислот, как глицин (Г) и глутаминовая кислота (ГлК) обусловлен тем, что они обладают антибактериальными, иммунокорригирующими и противовоспалительными свойствами, входят в состав лекарственных средств медицинского и ветеринарного назначения [11, 12].

Цель исследования — изучение биологической активности модификаторов и образцов углеродного сорбента, модифицированного ими, по отношению к некоторым видам микроорганизмов.

Материал и методы

Исследуемый углеродный сорбент и его модифицированные образцы получены в ЦНХТ ИК СО РАН. В качестве модификаторов применяли гликолевую кислоту (Merk Schuchardt OHG, Германия), молочную кислоту (МОСРЕАКТИВ, Россия), глицин (Омскреактив, Россия) и глутаминовую кислоту (Омскреактив, Россия).

Модифицирование углеродного сорбента (УМ) олигомером гликолевой кислоты (ГК-УМ) проводили в три этапа [2]:

1. Пропитка сорбента 50% водным раствором гликолевой кислоты.
2. Сушка сорбента.
3. Термообработка сорбента, пропитанного гликолевой кислотой.

Методика модифицирования углеродного сорбента (УМ) олигомером молочной кислоты МК-УМ включала в себя пропитку сорбента 50% раствором молочной кислоты с последующей термообработкой [3].

Методика модифицирования углеродного сорбента аминокислотами также включала несколько этапов:

1. Приготовление 25% водного раствора аминокислот (глицин, глутаминовая кислота), взятых в равном мольном соотношении (0,005 моль).
2. Нагрев сорбента совместно с приготовленным раствором аминокислот.

3. Сушка модифицированного сорбента.

Использованы следующие модификаторы:

Образец № 1 — гликолевая кислота (ГК, 99% раствор);

Образец № 2 — молочная кислота (МК, 80% раствор);

Образец № 3 — глутаминовая кислота и глицин (ГлКГ, 85% растворы).

Гранулированные углеродные сорбенты:

Образец № 4 — исходный сорбент ВНИИТУ-1 (УМ, немодифицированный);

Образец № 5 — сорбент, модифицированный олигомером ГК (ГК-УМ);

Образец № 6 — сорбент, модифицированный олигомером молочной кислоты (МК-УМ);

Образец № 7 — сорбент, модифицированный глутаминовой кислотой и глицином (ГлКГ-УМ).

В качестве тест-культур использовали следующие штаммы: *Staphylococcus aureus* ATCC 25923; *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853; *Klebsiella pneumoniae* 418; *Escherichia coli* ATCC 25922; *Candida albicans*. Выбор этих штаммов микроорганизмов обусловлен наибольшей клинической значимостью в этиологическом профиле гнойно-воспалительных процессов, в том числе женской половой сферы в соответствии с возможной сферой применения данных образцов; состав тестируемой бактериально-грибковой ассоциации объясняется частой встречаемостью при рецидивирующем урогенитальном кандидозе.

Испытуемые образцы № 1–7 предварительно стерилизовали при 121°C в течение 20 мин. Для тестирования использовали суточные культуры, выращенные на простом питательном агаре. Эталонные штаммы были проверены на чистоту и отсутствие диссоциаций; клинический штамм *C. albicans*, выделенный из биоматериала от пациентки с урогенитальным кандидозом, верифицирован методом Maldi-Tof масс-спектрометрии (Vitec-MS). Суточную агаровую культуру исследуемых штаммов смывали стерильным физиологическим раствором, из полученной суспензии готовили взвеси микроорганизмов в концентрации 500 млн микробных тел в 1 мл раствора (0,5 ME по McFarland). Затем путём десятикратных разведений взвеси доводили до рабочей концентрации 10⁶ микробных тел в 1 мл. В лунки стерильного планшета помещали исследуемый образец, затем добавляли рабочую взвесь тест-культуры в количестве 2,0 мл до полного смачивания, ориентировочно 1:1.

Выживаемость микроорганизмов определяли путём количественных высевов из каждой лунки смеси «образец —

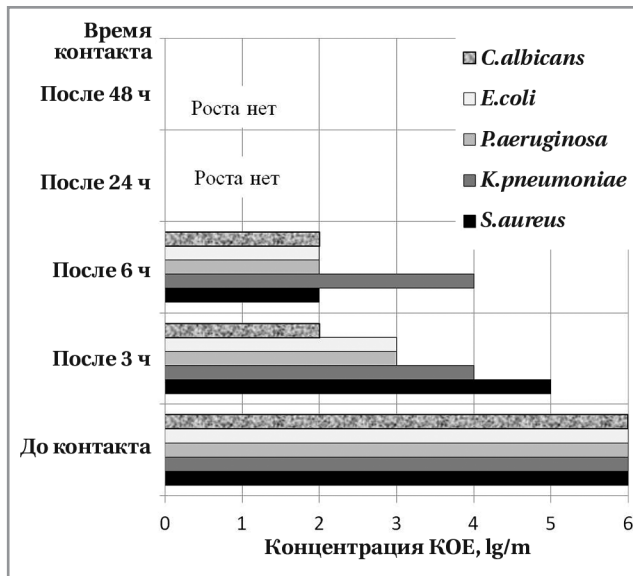


Рис. 1. Динамика снижения количества используемых тест-штаммов микроорганизмов при контакте с исходным сорбентом (образец № 4 УМ).

Fig. 1. Dynamics of the decrease in the number of used test strains of microorganisms in contact with the original sorbent (sample 4 CM).

микроорганизм» через определённые промежутки времени термостатирования на чашки Петри с простым питательным агаром методом секторных посевов (Голда). На каждое сочетание «образец — микроорганизм» делали по три повторения параллельных высевок. Видовую принадлежность культур подтверждали результатами изучения культуральных, морфологических и биохимических свойств. Первый высев (контроль) делали сразу после добавления образца в взвесь микроорганизмов без термостатирования, далее через 3; 6; 24 и 48 ч инкубации. После инкубации чашек с простым питательным агаром при 37°C в течение 24 ч регистрировали наличие или отсутствие роста и количество микробных клеток в 1 мл смеси.

Результаты и обсуждение

На основании результатов проведённого исследования установлено полное отсутствие роста всех изученных тест-штаммов при высевах уже через 3 ч инкубации для следующих образцов: № 1 МК, № 2 ГК и № 3 ГЛКГ, что связано с высокой концентрацией растворов, превышавшей концентрацию, выбранные для модифицирования сорбентов.

Рис. 1 отражает динамику снижения концентрации используемых тест-штаммов микроорганизмов при инкубации с исходным сорбентом (образец № 4 УМ). Для исходного сорбента через 3 ч инкубации отмечается снижение микробной нагрузки различной степени по видам микроорганизмов, которое продолжается в течение 6 ч, и затем при высевах через 24 ч во всех случаях отмечается полное отсутствие роста микроорганизмов.

Результаты исследования модифицированных образцов сорбентов показали, что антибактериальная активность для образцов № 5 ГК-УМ и

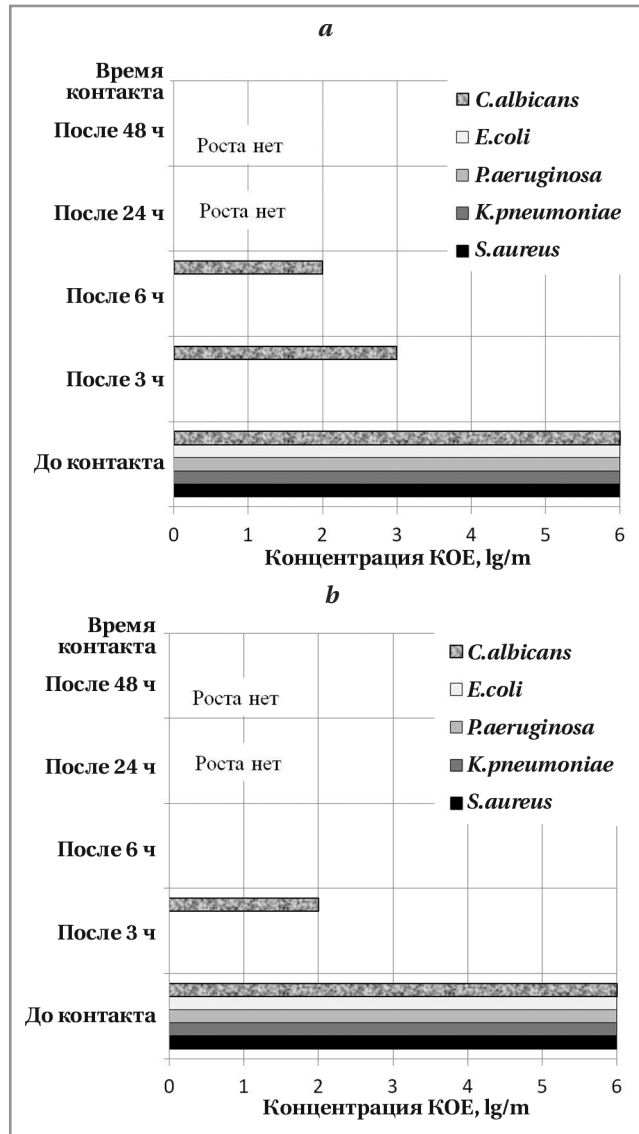


Рис. 2. Динамика снижения количества используемых тест-штаммов микроорганизмов при контакте с образцами № 5 ГК-УМ (a) и № 6 МК-УМ (b).

Fig. 2. Dynamics of the decrease in the number of used test strains of microorganisms in contact with samples 5 GA-CM (a) and 6 LA-CM (b).

№ 6 МК-УМ оказалась сопоставима. Ни один из изученных штаммов бактерий не был выявлен при высевах из смеси через 3 ч инкубации с образцами (рис. 2).

Установлено, что по антимикотической активности образцы, модифицированные олигомерами гидроксикислот (№ 5 ГК-УМ и № 6 МК-УМ) различаются. При исследовании образца № 5 ГК-УМ по отношению к *C.albicans* (время контакта 3 ч) отмечен рост дрожжеподобных грибов *C.albicans* в количестве 10^3 КОЕ, а для образца № 6 — 10^2 КОЕ. По истечении 6 ч инкубации рост дрожжеподобных грибов *C.albicans* наблюдается только для образца № 5 ГК-УМ.

Образец углеродного сорбента № 7 ГЛКГ-УМ также обладает выраженным антибактериальным действием в отношении всех изученных тест-штаммов (рис. 3). Отсутствие роста *K.pneumoniae*, *S.aureus*, *Paeruginosa* отмечалось уже через 3 ч; *E.coli* — через 6 ч инкубации бактериальной взвеси в присутствии сорбента.

Антимикотические свойства по отношению к *Candida albicans* данный образец не проявляет: концентрация *C.albicans* снижается незначительно в течение 48 ч инкубации, однако жизнеспособные клетки дрожжеподобных грибов сохраняются в концентрации 10^3 КОЕ/мл.

Заключение

Таким образом, наши исследования продемонстрировали высокую антибактериальную и антимикотическую активность углеродных образцов, модифицированных гликолевой и молочной кислотой, по отношению к наиболее распространённым условно-патогенным возбудителям гнойно-воспалительных заболеваний различной природы по сравнению с исходным образцом сорбента. Механизм биоспецифической активности, вероятно, связан с сорбционным действием исходного сорбента и созданием кислой среды гидрокси- и аминокислотами, нанесённых на сорбент. Пониженная кислотность среды ингибирует рост и размножение тестируемых возбудителей. Применение модифицированных углеродных сорбентов является перспективным направлением для аппликационной терапии гнойно-воспалительных инфекций.

Литература/References

1. Pyanova L.G., Drozdov V.A., Kornienko N.V., Trenikhin M.V., Lavrenov A.V. Physicochemical and medical-biological properties of carbon sorbents modified by biologically active substances. *Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces*. 2021; 57 (6): 1122–1128. doi: 10.1134/S207020512105021X.
2. Pyanova L.G., Baklanova O.N., Likhonolov V.A., Drozdov V.A., Sedanova A.V., Drozdetskaya M.S. Development of a method of carbon sorbent modification with polyglycolic acid to create new carbon materials for medical application. *Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces*. 2015; 51(3): 407–415. doi: 10.1134/S2070205115030193.
3. Патент РФ на изобретение №2655301C1/24.05.18. Бюл. №15. Пьянова Л.Г., Лихолобов В.А., Седанова А.В., Дроздецкая М.С. Углеродный сорбент с биоспецифическими свойствами и способ его получения. [Patent RUS №2655301C1/24.05.18. Byul. №15. [Pyanova L.G., Likhonolov V.A., Sedanova A.V., Drozdetskaya M.S. Carbon sorbent with biospecific properties and method for its production. (in Russian)]
4. Reyhanoglu Y., Gokturk E. Synthesis of polyglycolic acid copolymers from cationic copolymerization of C1 feedstocks and long chain epoxides. *J Saudi Chem Soc*. 2019; 23 (7): 879–886. doi: 10.1016/j.jscs.2019.01.008.
5. Органическая химия [Электронный ресурс] : учебное пособие для вузов: в 3 т. Т. III / Под ред. В. Ф. Травень. 4-е изд. (эл.). Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf: 391 с.). М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015; 89–92. ISBN 978-5-9963-2941-0 (Т. III). [Organic chemistry [Electronic resource]: textbook for universities: in 3 volumes. T. III / V.F. Traven (ed.). 4th ed. (el.). Electron. text data. (1 pdf file : 391 pages).

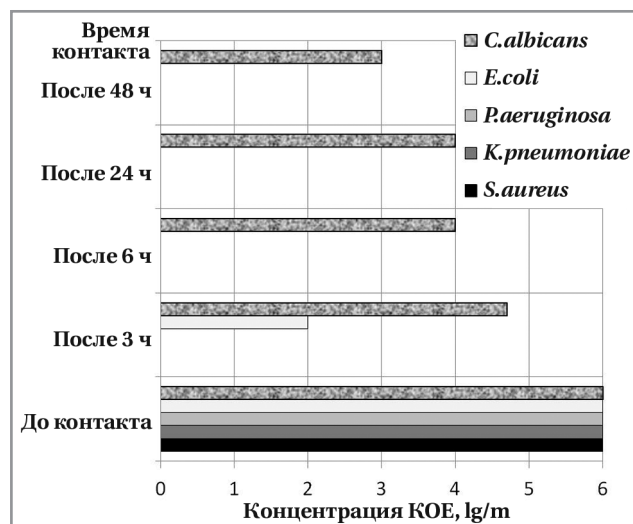


Рис. 3. Динамика снижения количества используемых тест-штаммов микроорганизмов при контакте с образцами № 7 ГЛКГ-УМ

Fig. 3. Dynamics of the decrease in the number of used test strains of microorganisms in contact with samples 7 GLAG-CM.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках государственного задания Института катализа СО РАН (проект АААА-А21-121011890076-8).

Дополнительная информация
Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

- Moscow: BINOM. Laboratoriya Znaniyi. 2015; 89–92. ISBN 978-5-9963-2941-0 (V. III). (in Russian)]
6. Botvin V., Karaseva S., Salikova D., Dusselier M. Syntheses and chemical transformations of glycolide and lactide as monomers for biodegradable polymers. *Polym Degrad Stab*. 2021; 183: 109427. doi: 10.1016/j.polymdegradstab.2020.109427.
7. Idumah C.I., Nwabanne J.T., Tanjung E.A. Novel trends in poly (lactic) acid hybrid bionanocomposites. *Cleaner Materials*. 2021; 2: 100022. doi: 10.1016/j.clema.2021.100022.
8. Ozdil D., Aydin H.M. Polymers for medical and tissue engineering applications. *J Chem Technol Biotechnol*. 2014; 89: 1793–1810. doi: 10.1002/JCTB.4505.
9. Samadi K., Francisco M., Hegde S., Diaz C. A., Trabold T. A., Dell E. M. et al. Mechanical, rheological and anaerobic biodegradation behavior of a Poly(lactic acid) blend containing a Poly(lactic acid)-co-poly(glycolic acid) copolymer. *Polym Degrad Stab*. 2019; 170: 109018. doi: 10.1016/j.polymdegradstab.2019.109018.
10. Wang C., Chang T., Yang H., Cui M. Antibacterial mechanism of lactic acid on physiological and morphological properties of Salmonella Enteritidis, Escherichia coli and Listeria monocytogenes. *Food Control*. 2015; 47: 231–236. doi: 10.1016/j.foodcont.2014.06.034
11. Pérez-Torres I., Zuniga-Munoz A., Guarner-Lans V. Beneficial Effects of the Amino Acid Glycine. *Mini Rev Med Chem*. 2016; 17 (1): 15–32. doi: 10.2174/1389557516666160609081602.
12. Pagire S.H., Lee E., Pagire H.S., Bae E.J., Ryu S.J., Lee D. et al. Design, synthesis and biological evaluation of glutamic acid derivatives as anti-oxidant and anti-inflammatory agents. *Bioorg Med Chem Lett*. 2018; 28 (3): 529–532. doi: 10.1016/j.bmcl.2017.11.012.

Информация об авторах

Долгих Владимир Терентьевич — д. м. н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский институт общей реаниматологии им. В. А. Неговского, Москва, Россия. Author ID: 540900

Пьянова Лидия Георгиевна — д. б. н., ведущий научный сотрудник отдела материаловедения и физико-химических методов исследования ЦНХТ ИК СО РАН, Омск, Россия. Author ID: 417502

Лавренов Александр Валентинович — д. х. н., директор ЦНХТ ИК СО РАН, Омск, Россия. Author ID: 363779

Наумкина Елена Витальевна — д. м. н., заведующая лабораторией клинической микробиологии, Городской клинический перинатальный центр, Омск; профессор кафедры микробиологии, вирусологии и иммунологии, Омский государственный медицинский университет, Омск, Россия. Author ID: 753166

Седанова Анна Викторовна — к. х. н., научный сотрудник отдела материаловедения и физико-химических методов исследования ЦНХТ ИК СО РАН, Омск, Россия. Author ID: 624733

Делягина Мария Сергеевна — к. х. н., научный сотрудник отдела материаловедения и физико-химических методов исследования ЦНХТ ИК СО РАН, Омск, Россия. Author ID: 740476

Огурцова Диана Николаевна — инженер отдела материаловедения и физико-химических методов исследования ЦНХТ ИК СО РАН, Омск, Россия. Author ID: 1104949

About the authors

Vladimir T. Dolgikh — D. Sc. in Medicine, Professor, Honored Worker of Science of the Russian Federation, Chief Researcher, V. A. Negovsky Research Institute of General Reanimatology, Moscow, Russia. Author ID: 540900

Lydia G. P'yanova — D. Sc. in Biology, Leading Researcher of the Department of Materials Science and Physical and Chemical Methods of Research, Center of New Chemical Technologies BIC, Boreskov Institute of Catalysis, Omsk, Russia. Author ID: 417502

Alexander V. Lavrenov — D. Sc. in Chemistry, director of the Center of New Chemical Technologies BIC, Boreskov Institute of Catalysis, Omsk, Russia. Author ID: 363779

Elena V. Naumkina — D. Sc. in Medicine, Head of the Laboratory of Clinical Microbiology, City Clinical Perinatal Center, Omsk; Professor of the Department of Microbiology, Virology and Immunology, Omsk State Medical University, Omsk, Russia. Author ID: 753166

Anna V. Sedanova — Ph. D. in Chemistry, Senior Researcher of the Department of Materials Science and Physical and Chemical Research Methods, Center of New Chemical Technologies BIC, Boreskov Institute of Catalysis, Omsk, Russian Federation. Author ID: 624733

Maria S. Delyagina — Ph. D. in Chemistry, Researcher of the Department of Materials Science and Physical and Chemical Research Methods, Center of New Chemical Technologies BIC, Boreskov Institute of Catalysis, Omsk, Russia. Author ID: 740476

Diana N. Ogurtsova — Engineer of the Department of Materials Science and Physical and Chemical Research Methods, Center of New Chemical Technologies BIC, Boreskov Institute of Catalysis, Omsk, Russia. Author ID: 1104949