



**д.м.н. И.А. Шурыгина, к.б.н. Трухан И.С., к.б.н. Дремина Н.Н., д.м.н. Фадеева Т.В.,
Невежина А.В., д.м.н. Шурыгин М.Г.**

Нанокompозиты - перспективы применения в медицине и проблемы ЭКОТОКСИЧНОСТИ

Международная научная конференция «Фундаментальные и прикладные исследования в медицине»,
посвященная 65-летию ФГБНУ «Восточно-Сибирский институт медико-экологических исследований»

п. Хужир, 2025 г.

Наноматериалы - история

- Первое упоминание методов, которые впоследствии будут названы нанотехнологиями, связывают с выступлением Ричарда Фейнмана «Внизу полным-полно места» (1959 г., Калифорнийский технологический институт, ежегодная встреча Американского физического общества).
- Впервые термин «нанотехнология» употребил Норио Танигути в 1974 году. Он назвал этим термином производство изделий размером несколько нанометров.

Определение

- Нанотехнология — область фундаментальной и прикладной науки и техники, включающая теоретическое обоснование, практические методы исследования, анализа и синтеза, а также методы производства и применения продуктов с заданной атомной структурой путём контролируемого манипулирования отдельными атомами и молекулами.
- Нанотехнологии качественно отличаются от традиционных дисциплин, поскольку на таких масштабах привычные макроскопические технологии обращения с материей часто неприменимы, а микроскопические явления, пренебрежительно слабые на привычных масштабах, становятся намного значительнее: свойства и взаимодействия отдельных атомов и молекул или агрегатов молекул (например, силы Ван-дер-Ваальса), квантовые эффекты.

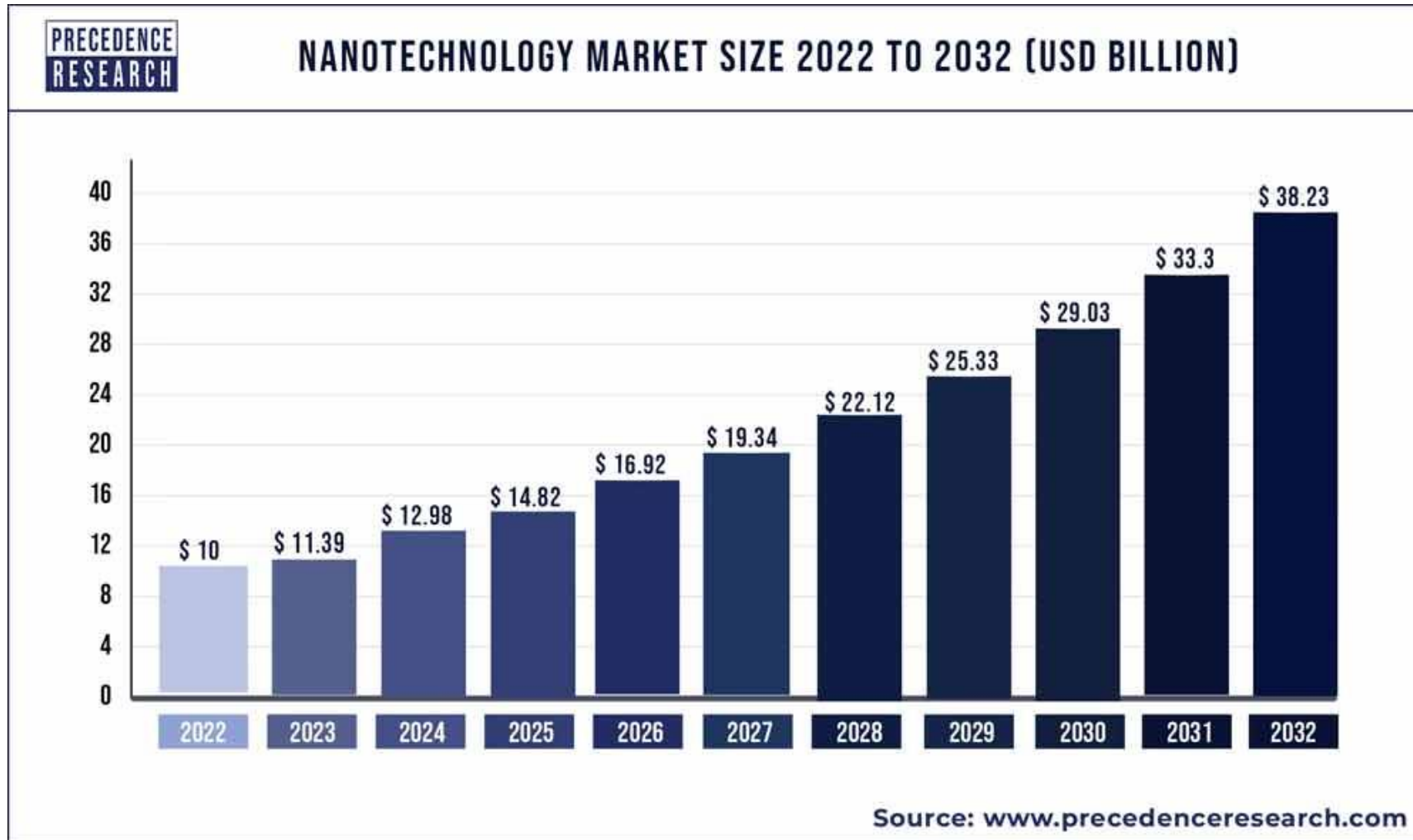


Области применения нанотехнологий

Год	Кол-во публикаций
2023	33024
2013	19202
2003	889
1993	45
1983	6
1978	2



Прогноз рынка нанотехнологий



Применение наноматериалов в медицине



Методы получения наночастиц

Механохимические
методы

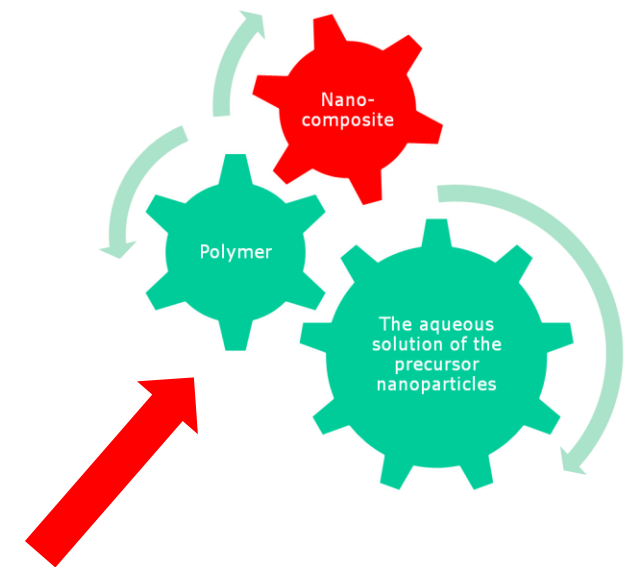
Диспергационные
методы

Химические методы

Высокоэнергетические
методы

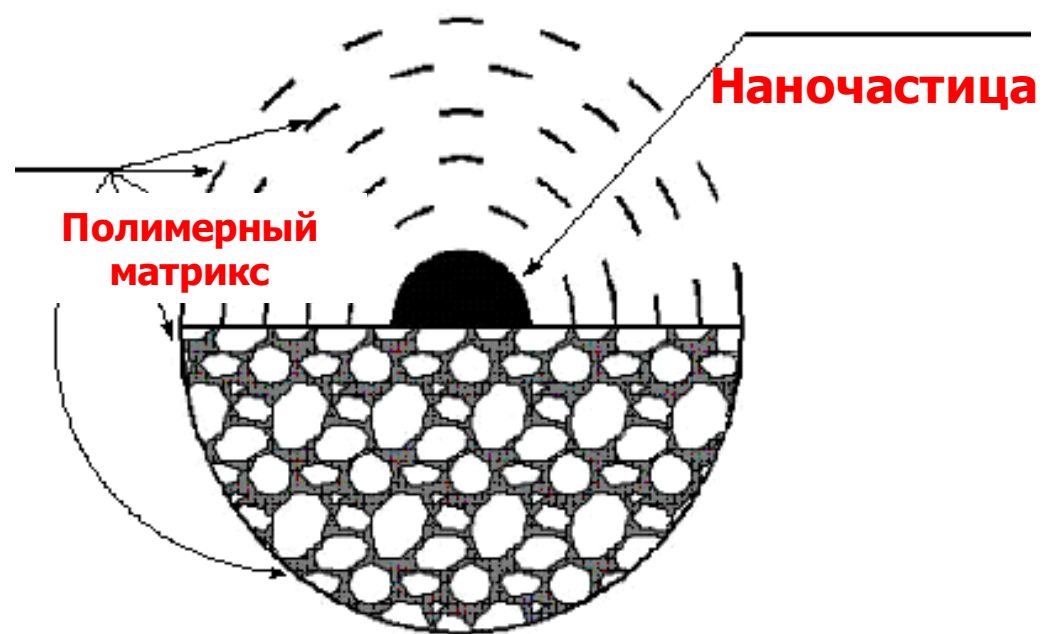
Нанореакторы

Схема получения нанокомпозитов



Редуцирующий компонент

Свойства нанокомполитов



Свойства наночастиц

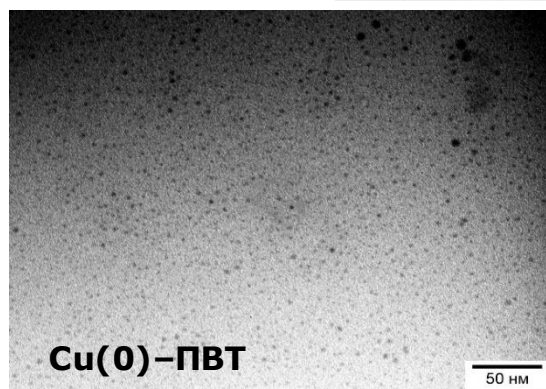
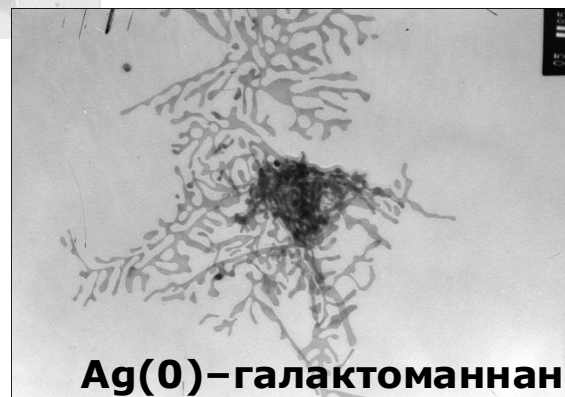
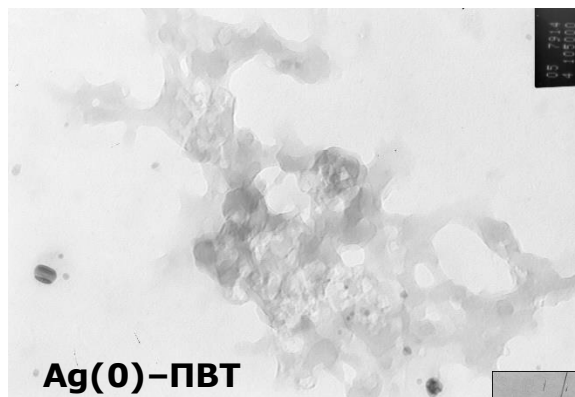
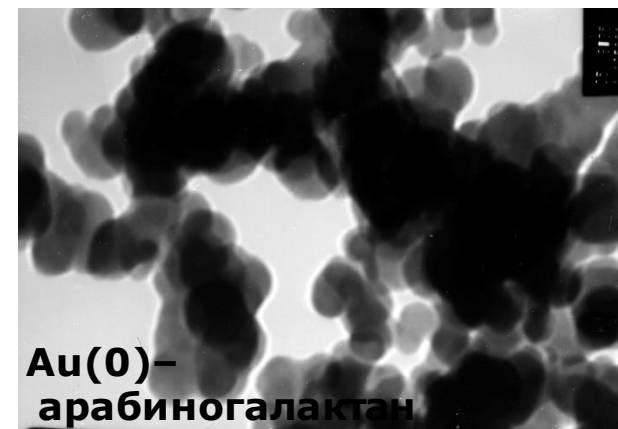
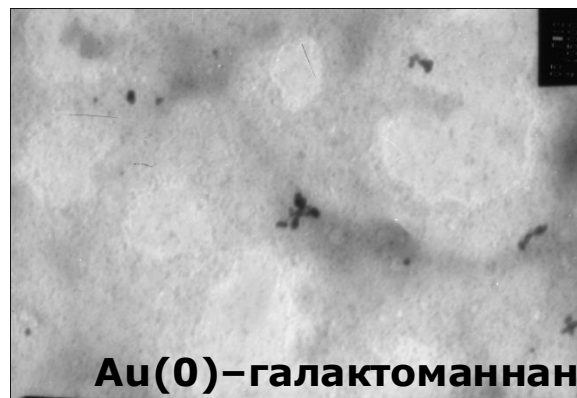
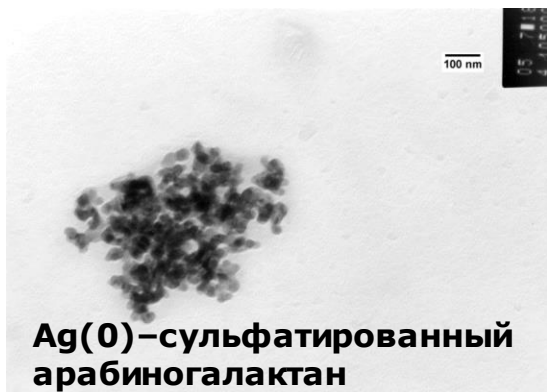
Каталитическая активность
Антисептическая активность
Противовоспалительное действие
Противоопухолевое действие
...

+

Свойства матрикса

Растворимость
Биосовместимость
Мембранотропность
Антитромбогенные свойства
Пролонгированное биологическое действие

Образцы нанокомпозитов



Влияние нанокompозитов на микроорганизмы

Штамм	Нанокompозит	Металл	Размер НЧ	MIC	MBC	Источник
<i>Streptococcus mitis</i> ATCC 6249	Chitlac-nAg (lactose-substituted chitosan and silver nanoparticles)	Ag	NA	0.05 (% v/v)	0.1 (% v/v)	<i>Di Giulio M. et al., 2013.</i>
<i>Streptococcus mutans</i> ATCC 25175	Chitlac-nAg	Ag	NA	0.1 (% v/v)	0.1 (% v/v)	<i>Di Giulio M. et al., 2013</i>
<i>Streptococcus oralis</i> ATCC 9811	Chitlac-nAg	Ag	NA	0.1 (% v/v)	0.1 (% v/v)	<i>Di Giulio M. et al., 2013</i>
<i>Streptococcus pyogenes</i>	Se nanoparticles synthesized by <i>Ralstonia eutropha</i>	Se	NA	100 µg/ml	NA	<i>Srivastava N, Mukhopadhyay M., 2015</i>
<i>Staphylococcus aureus</i> CCM 3953	oleic-acid coated maghemite nanoparticles embedded in a 1,4-phenylenediamine/phosphotriazine matrix and silver nanoparticles	Ag/ Fe	Ag 10–20 nm	0.078 g/l	NA	<i>Dallas P. et al., 2010</i>
<i>Staphylococcus aureus</i> CCM 3953	2-hydroxyethyl cellulose-Ag	Ag	9 nm	2.5 mg/L	NA	<i>Suchomel P et al., 2015</i>
<i>Staphylococcus aureus</i> CCM 3953	2-hydroxyethyl cellulose-AgBr	AgBr	70 nm	13.5 mg/L	NA	<i>Suchomel P et al., 2015</i>
<i>Staphylococcus aureus</i> (MRSA)	oleic-acid coated maghemite nanoparticles embedded in a 1,4-phenylenediamine/phosphotriazine matrix and silver nanoparticles	Ag/ Fe	Ag 10–20 nm	0.078 g/l	NA	<i>Dallas P. et al., 2010</i>
<i>Staphylococcus aureus</i> (MRSA)	2-hydroxyethyl cellulose-Ag	Ag	9 nm	2.5 mg/L	NA	<i>Suchomel P et al., 2015</i>
<i>Staphylococcus aureus</i> (MRSA)	2-hydroxyethyl cellulose-AgBr	AgBr	70 nm	13.5 mg/L	NA	<i>Suchomel P et al., 2015</i>
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	oleic-acid coated maghemite nanoparticles embedded in a 1,4-phenylenediamine/phosphotriazine matrix and silver nanoparticles	Ag/ Fe	Ag 10–20 nm	0.15 g/l	NA	<i>Dallas P. et al., 2010</i>
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	2-hydroxyethyl cellulose-Ag	Ag	9 nm	1.3 mg/L	NA	<i>Suchomel P et al., 2015</i>
<i>Staphylococcus epidermidis</i>	2-hydroxyethyl cellulose-AgBr	AgBr	70 nm	3.4 mg/L	NA	<i>Suchomel P et al., 2015</i>
<i>Enterococcus faecalis</i> CCM 4224	oleic-acid coated maghemite nanoparticles embedded in a 1,4-phenylenediamine/phosphotriazine matrix and silver nanoparticles	Ag/ Fe	Ag 10–20 nm	0.15 g/l	NA	<i>Dallas P. et al., 2010</i>
<i>Enterococcus faecalis</i> CCM 4224	2-hydroxyethyl cellulose-Ag	Ag	9 nm	5.1 mg/L	NA	<i>Suchomel P et al., 2015</i>
<i>Enterococcus faecalis</i> CCM 4224	2-hydroxyethyl cellulose-AgBr	AgBr	70 nm	13.5 mg/L	NA	<i>Suchomel P et al., 2015</i>
<i>Enterococcus faecium</i> (VRE)	2-hydroxyethyl cellulose-Ag	Ag	9 nm	5.1 mg/L	NA	<i>Suchomel P et al., 2015</i>
<i>Enterococcus faecium</i> (VRE)	2-hydroxyethyl cellulose-AgBr	AgBr	70 nm	6.7 mg/L	NA	<i>Suchomel P et al., 2015</i>
<i>Bacillus subtilis</i>	Ag/Cu chitosan	Ag/Cu	NA	0.054 mg/L	NA	<i>Zain NM et al, 2014</i>

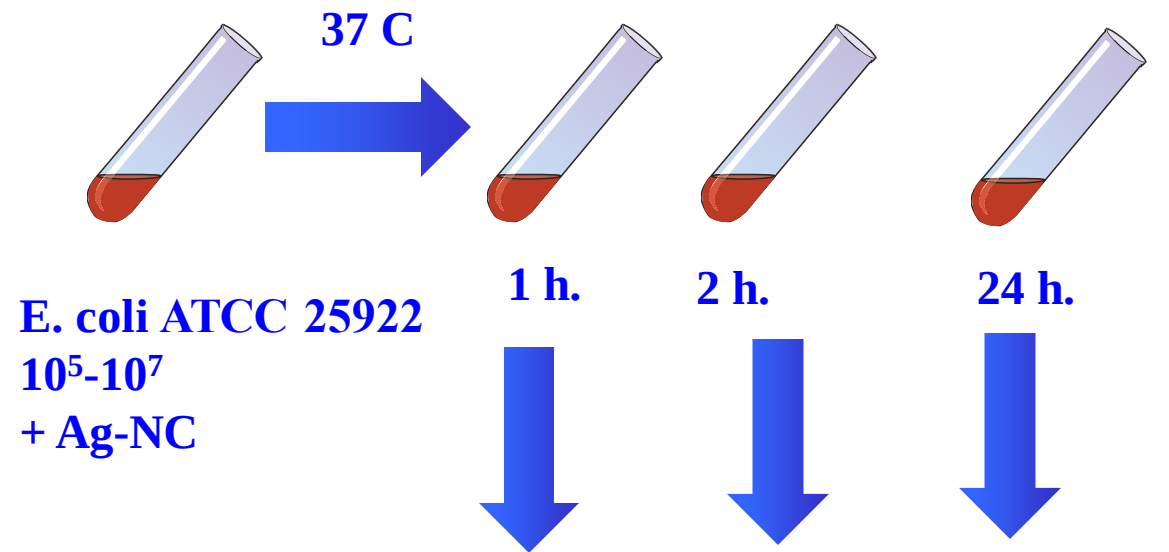
I.A. Shurygina, M.G. Shurygin and B.G. Sukhov NANOBIOCOMPOSITES OF METALS AS ANTIMICROBIAL AGENTS/ in Antibiotic Resistance. 2016, Elsevier,

DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-803642-6.00008-3>.

Антимикробная активность нанокомпозитов

- **NC-Ag – MBC 1-100 µg/ml**
- **NC-Au - MBC 2000 mg/ml**
- **NC-Se - MBC 100-250 mg/ml**
- **NC-Cu - MBC 130 mg/ml**
- **NC-Pt – нет активности**

Взаимодействие Ag(0)-сульфатированный арабиногалактан с *E. coli*

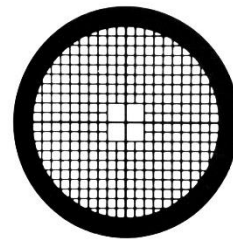
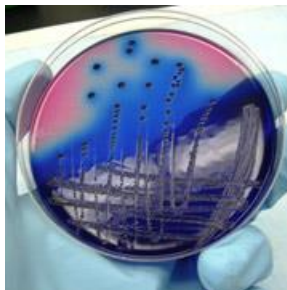


E. coli ATCC 25922
 10^5 - 10^7
+ Ag-NC

1 h.

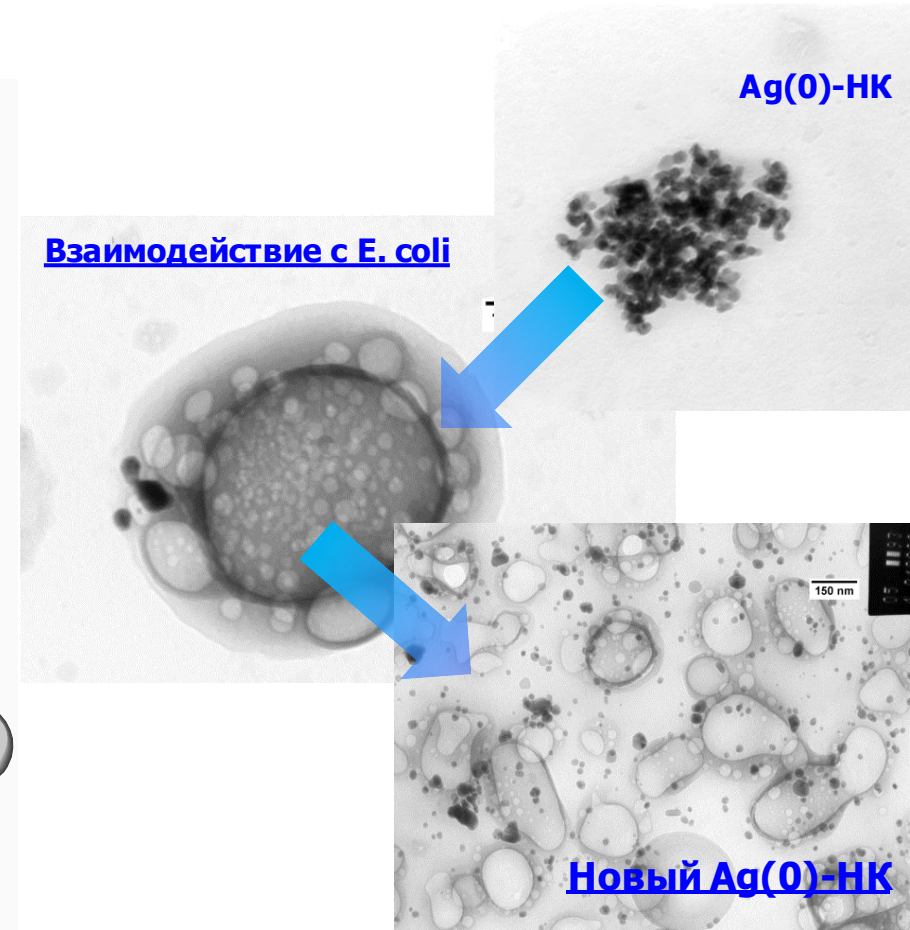
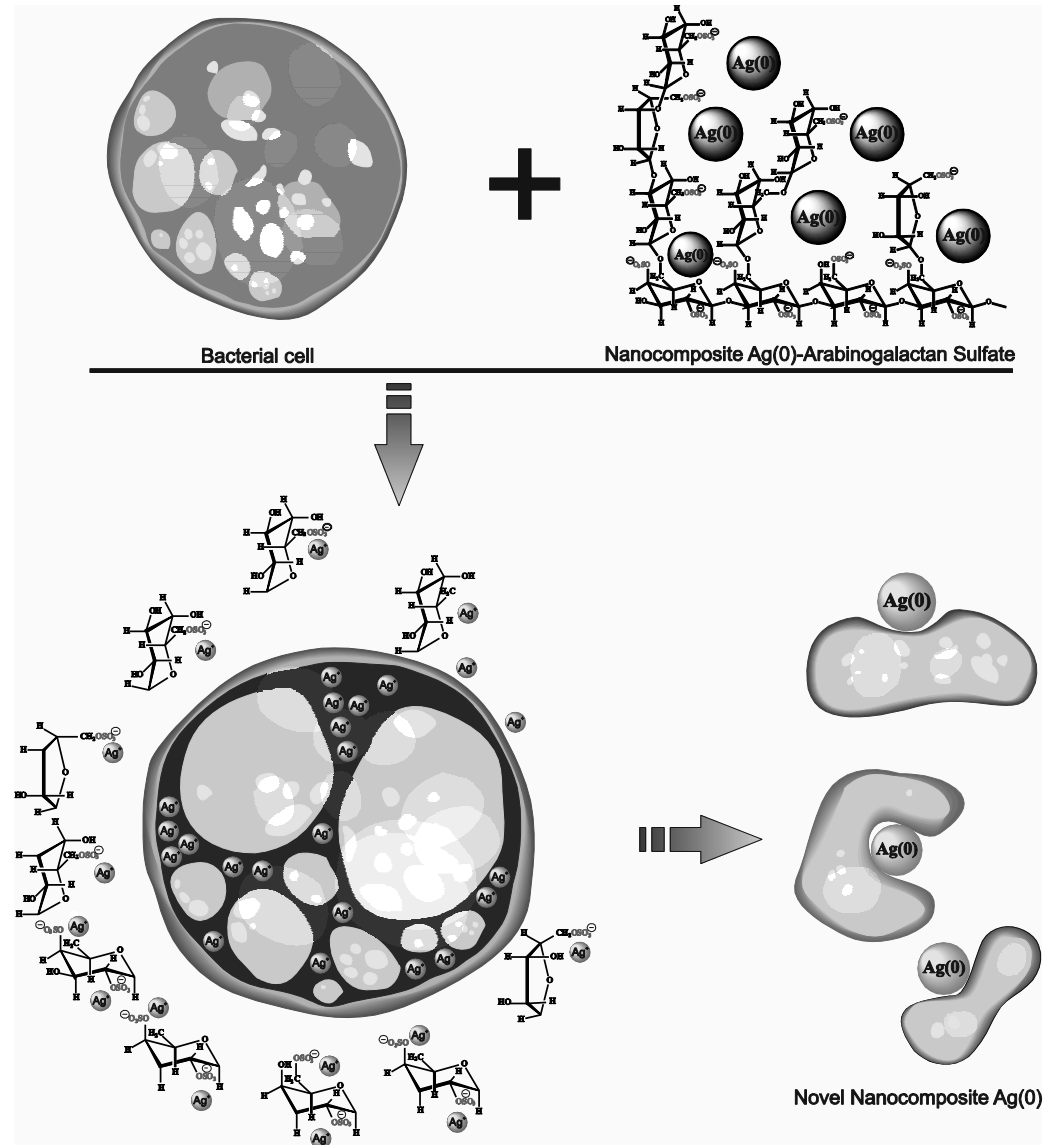
2 h.

24 h.



TEM

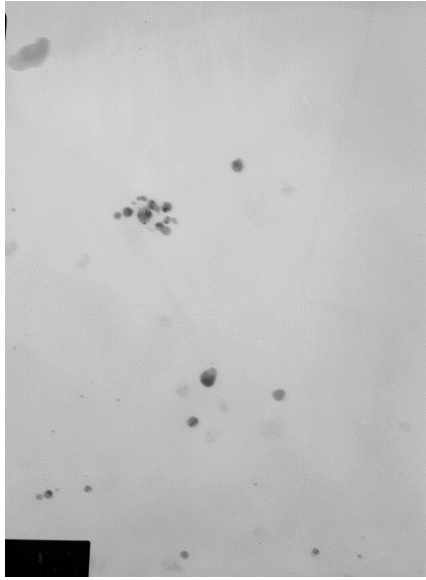
Схема взаимодействия $Ag(0)$ -сульфатированный арабиногалактан с *E. coli*



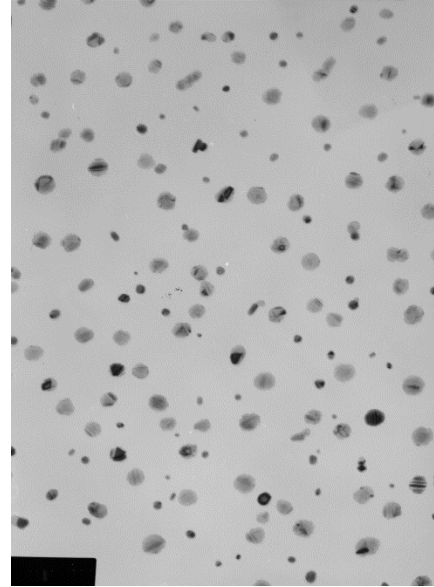
Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine
Bactericidal action of $Ag(0)$ -antithrombotic sulfated arabinogalactan nanocomposite: coevolution of initial nanocomposite and living microbial cell to a novel nonliving nanocomposite

Shurygina IA, Sukhov BG, Fadeeva TV, Umanets VA, Shurygin MG, Ganenko TV, Kostyro YA, Grigoriev EG, Trofimov BA.

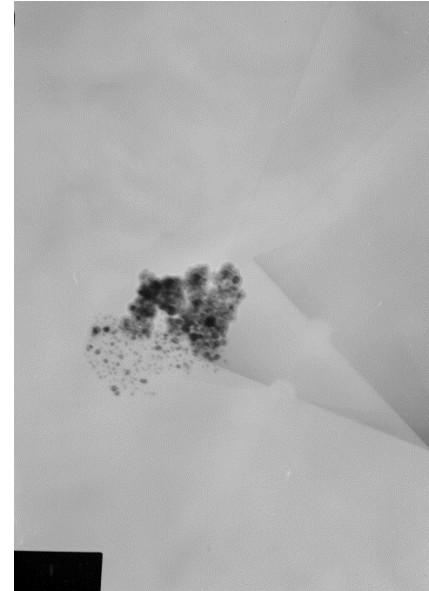
НК Ag(0)-сульфатированный арабиногалактан



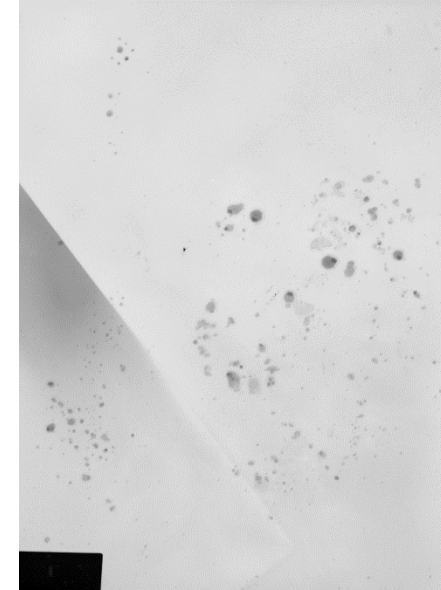
**№ 1 – Содержание
Ag 9.2%**



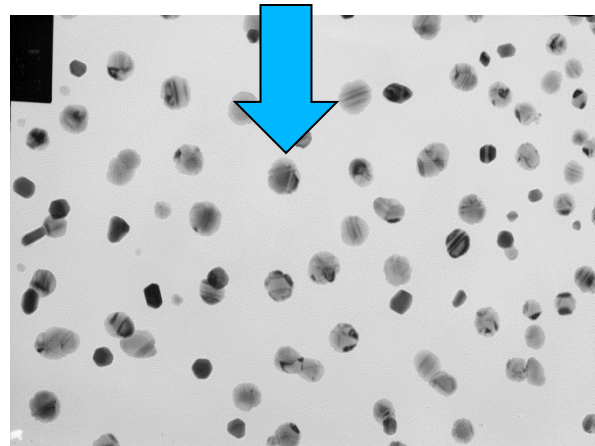
№ 2 - 5.3%



№ 3 - 6.3%

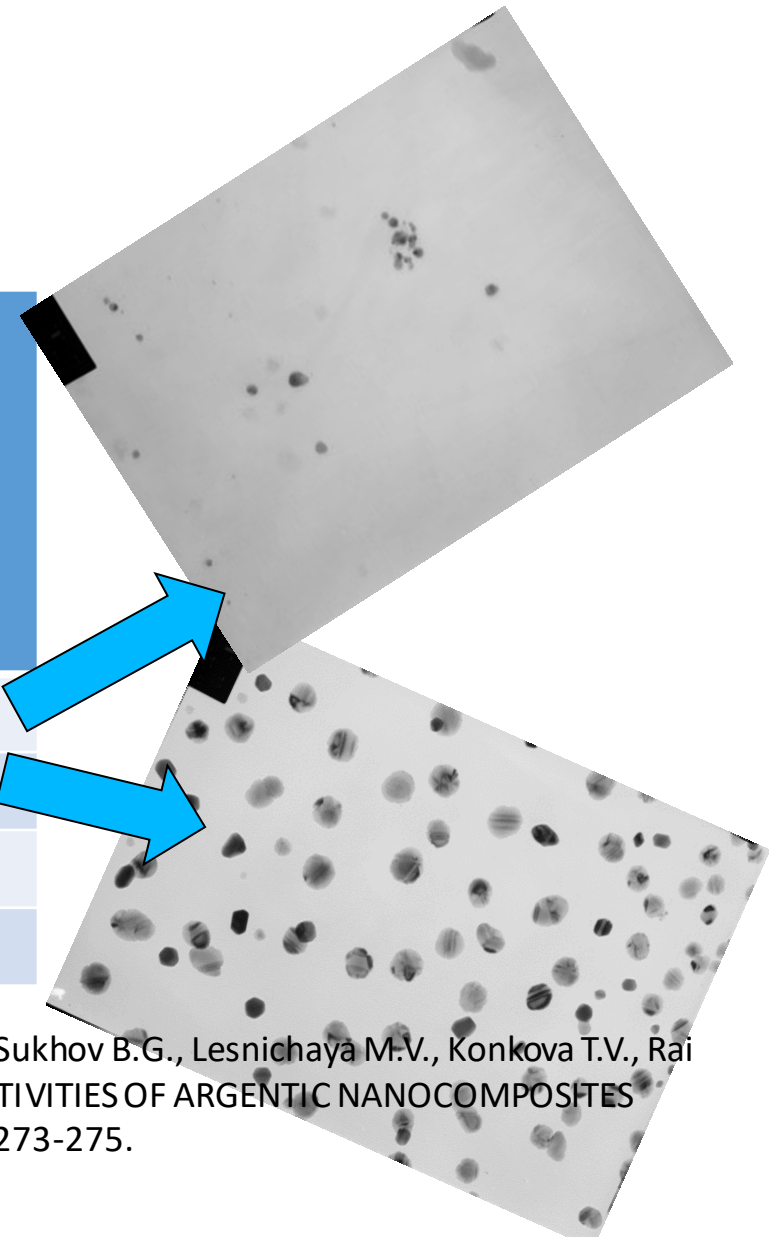


№ 4 - 8.1%



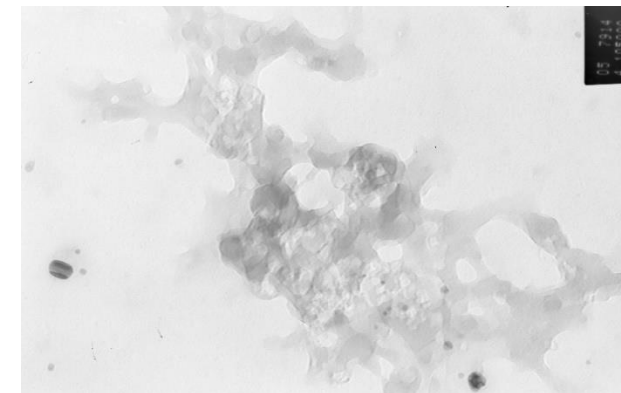
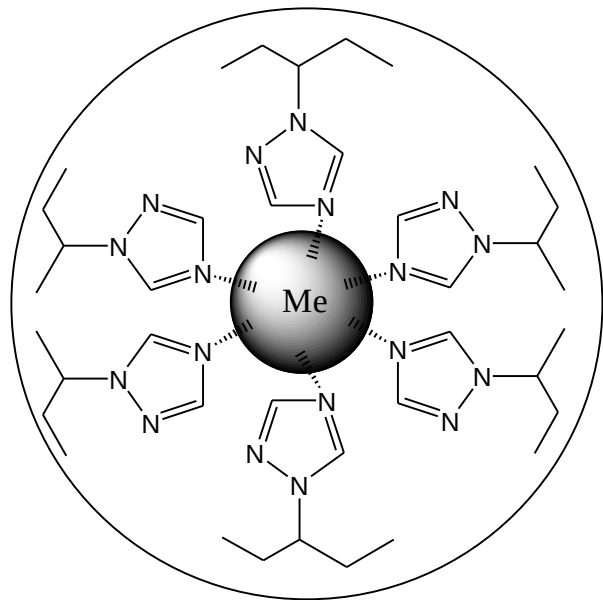
Антимикробная активность НК Ag(0)-сульфатированный арабиногалактан

№	Ag, %	E.coli ATCC 25922		Fusarium oxysporum, MIC, µg/ml
		MIC, µg/ml	MBC, µg/ml	
1	9.2	5	5	80
2	5.3	0.15	0.15	10
3	6.3	0.6	0.6	70
4	8.1	2.5	3	30

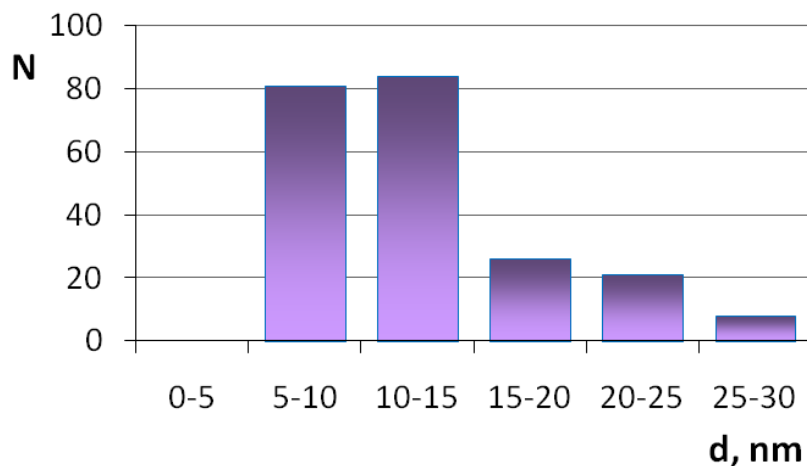


Fadeeva T.V., Shurygina I.A., Shurygin M.G., Umanets V.A., Shurygin D.M., Sukhov B.G., Lesnichaya M.V., Konkova T.V., Rai M.K. RELATIONSHIP BETWEEN THE STRUCTURES AND ANTIMICROBIAL ACTIVITIES OF ARGENTIC NANOCOMPOSITES
Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. 2015. T. 79. № 2. C. 273-275.

Ag(0)-НК на основе ПВТ



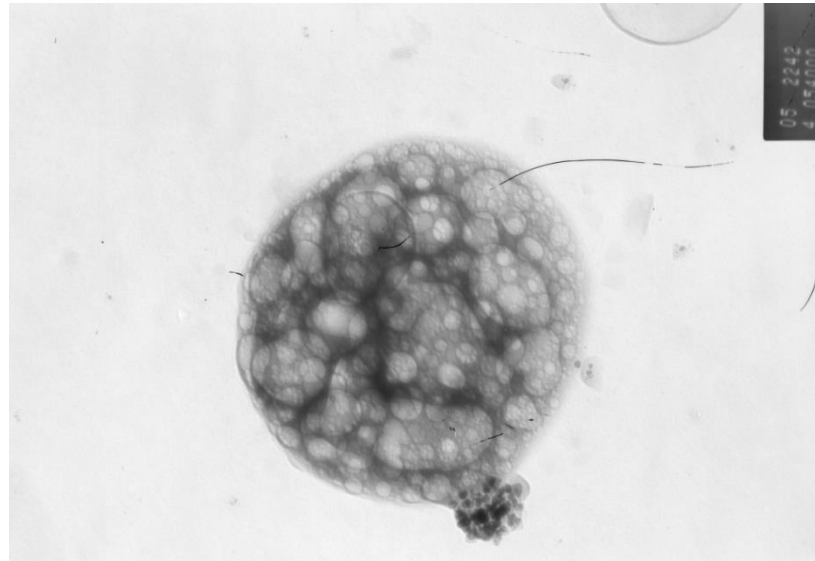
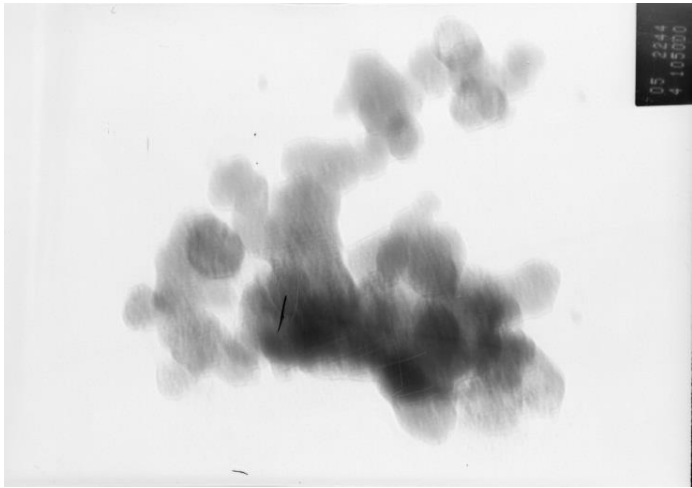
Антимикробная активность НК Ag(0)-ПВТ



(-) нет роста
(+) рост м/о
0 – не изучалось

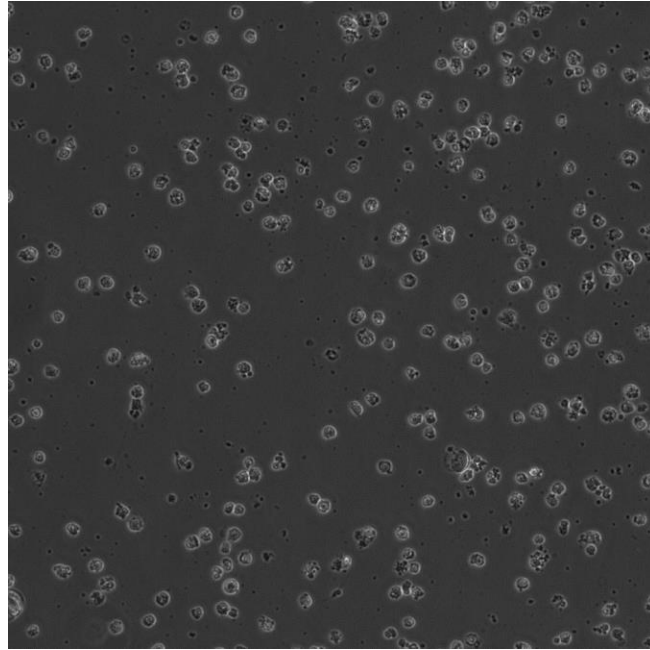
Микроорганизм	НК				Матрикс (ПВТ)		
	Концентрация, %				Концентрация, %		
	0,2	0,06	0,03	0,006	5	0.5	0.05
E.coli ATCC 25922	-/-	-/-	-/-	+/+	+/+	+/+	+/+
E.coli ESBL 2320	-/-	-/-	-/-	+/+	0	0	0
Klebsiella pneumonia ESBL	-/-	-/-	-/-	+/+	+/+	+/+	+/+
Pseudomonas aeruginosa ATCC 27853	-/-	-/-	-/-	+/+	+/+	+/+	+/+
Staphylococcus aureus ATCC 25923	-/-	-/-	-/-	+/+	+/+	+/+	+/+
Enterococcus faecalis ATCC 29212	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+
Bacillus subtilis ATCC 6633	-/-	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+
Candida albicans ATCC 2443	-/-	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+	+/+

Взаимодействие НК Ag(0)-ПВТ с E. coli



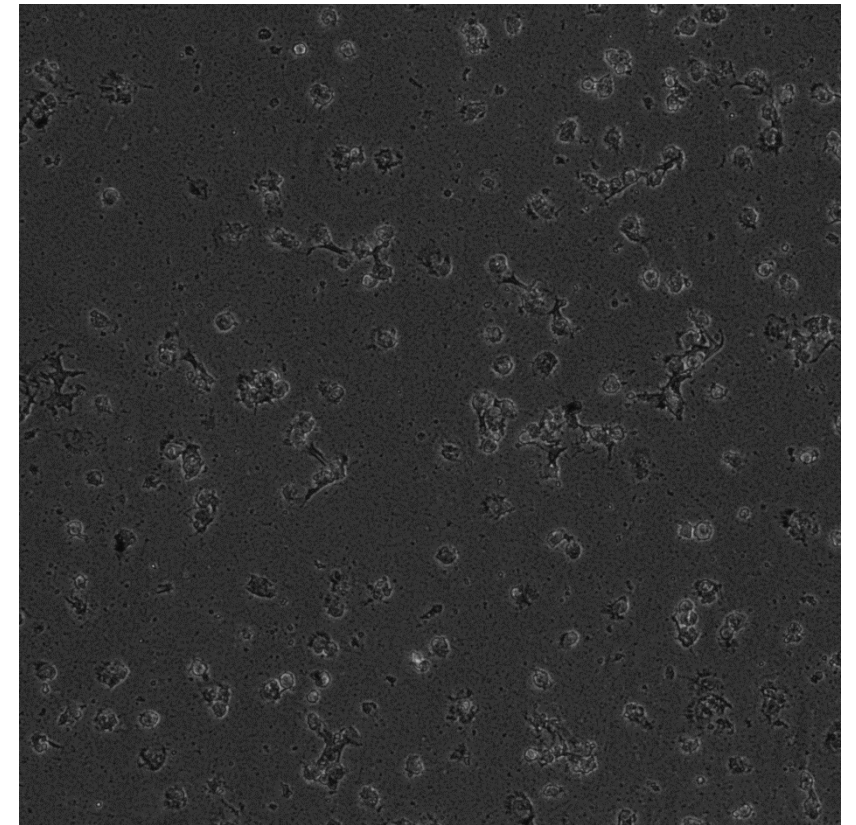
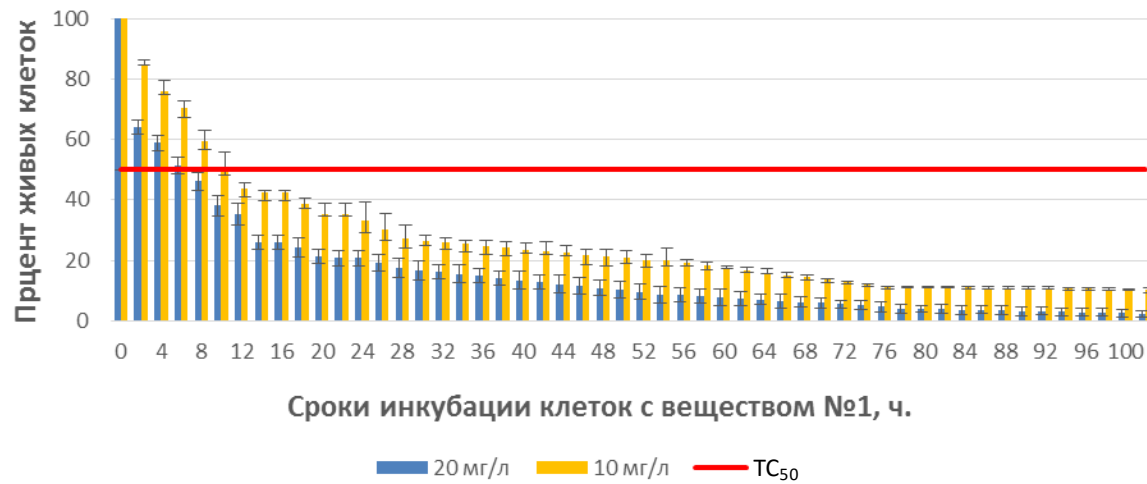
24 ч.

Противоопухолевая активность НК Se-арабиногалактан



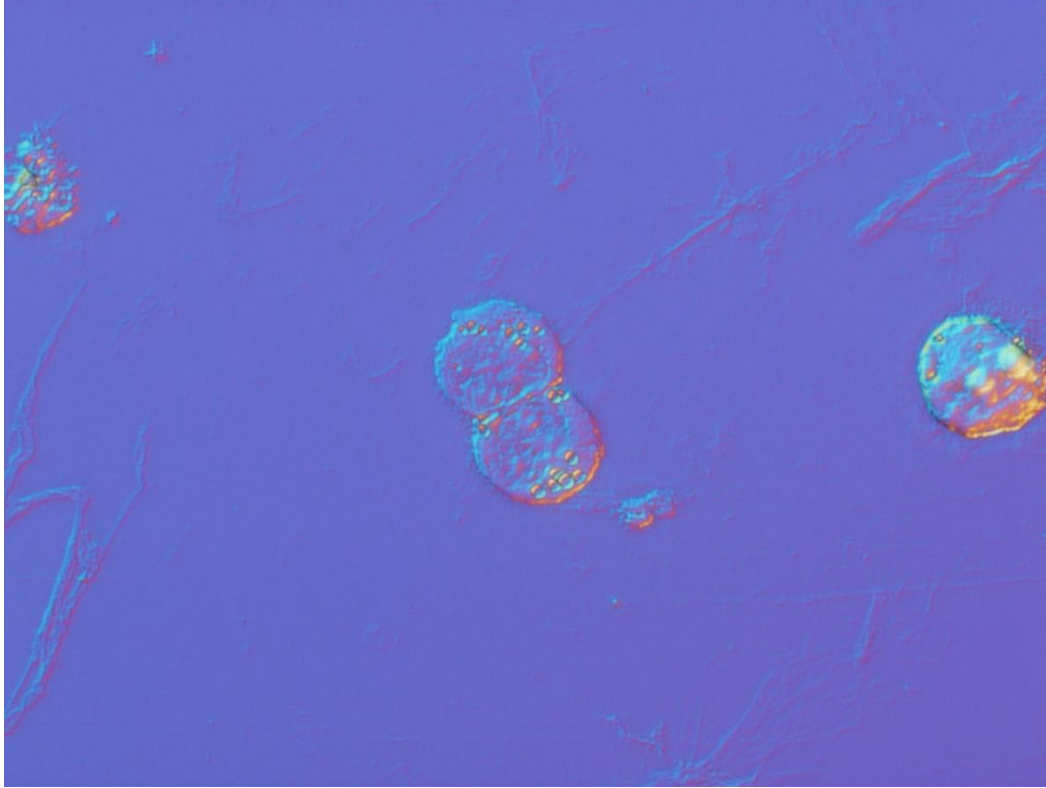
Карцинома Эрлиха

Контроль

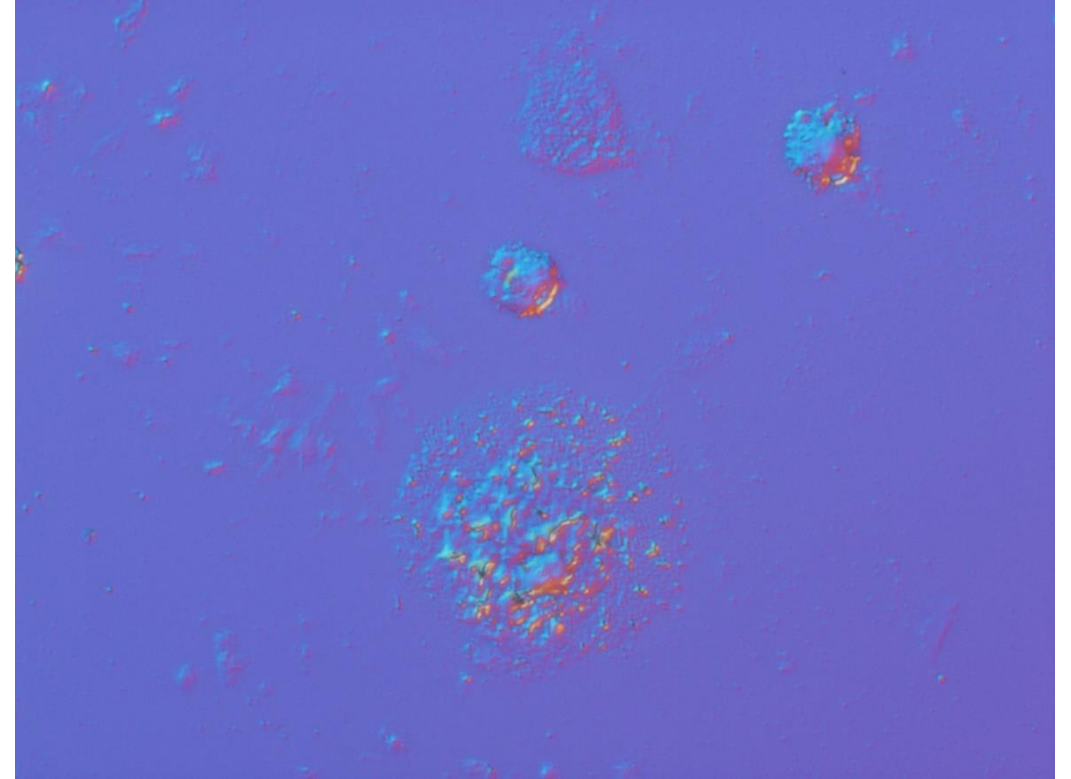


НК Se-арабиногалактан

Противоопухолевая активность НК Se-арабиногалактан



Контроль, DIC



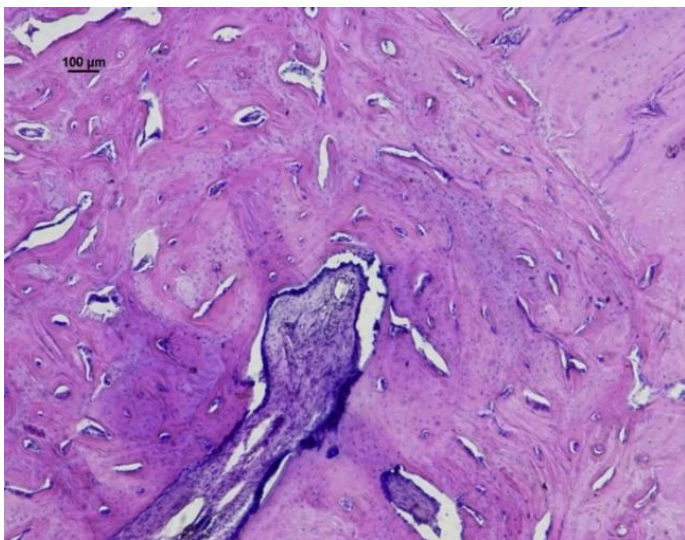
НК Se-арабиногалактан, DIC

Карцинома Эрлиха

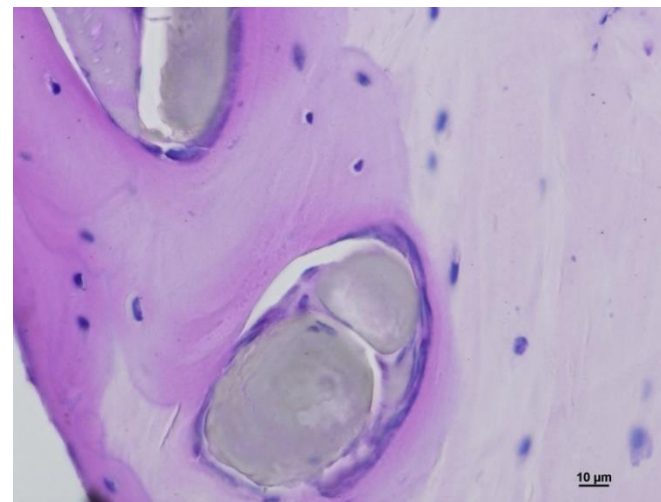
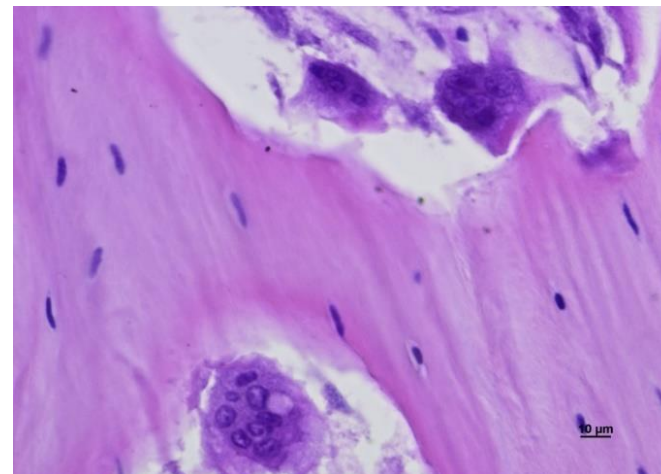
Сухов Б.Г., Ганенко Т.В., Погодаева Н.Н., Кузнецов С.В., Силкин И.И., Лозовская Е.А., Шурыгин М.Г., Шурыгина И.А., Трофимов Б.А.
СРЕДСТВО, ОБЛАДАЮЩЕЕ ПРОТИВООПУХОЛЕВОЙ АКТИВНОСТЬЮ НА ОСНОВЕ НАНОКОМПОЗИТОВ АРАБИНОГАЛАКТАНА С
СЕЛЕНОМ, И СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ТАКИХ НАНОБИОКОМПОЗИТОВ. Патент на изобретение RUS 2614363, опубл. 24.03.2017 г.

НК Se-арабиногалактан и костная ткань

Se-AG

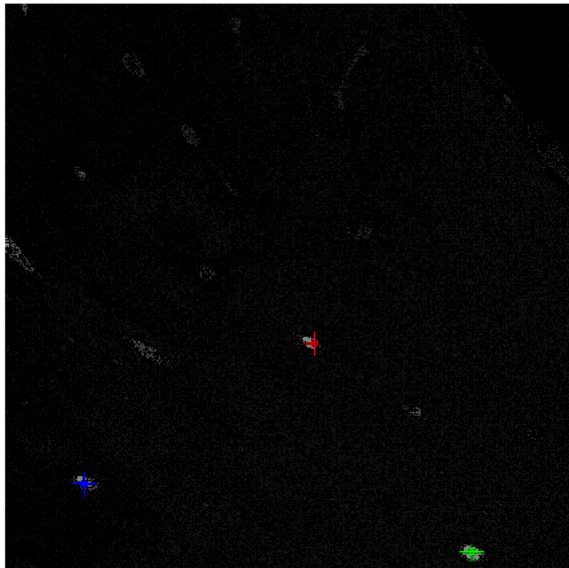
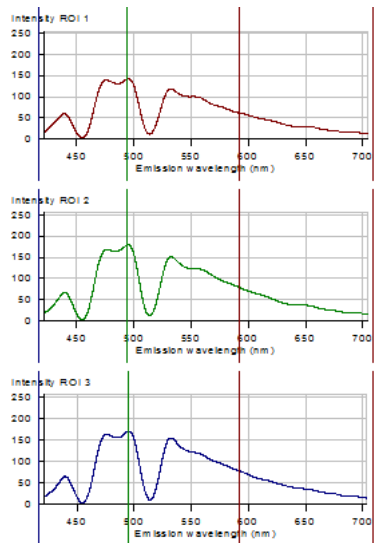
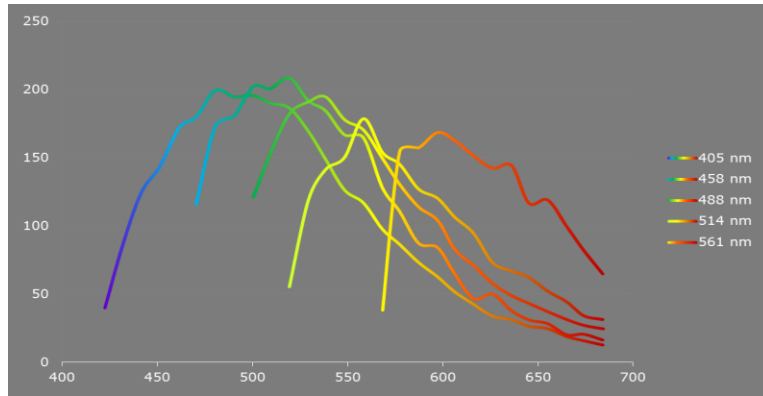


Контроль, зона перелома, 35 дней

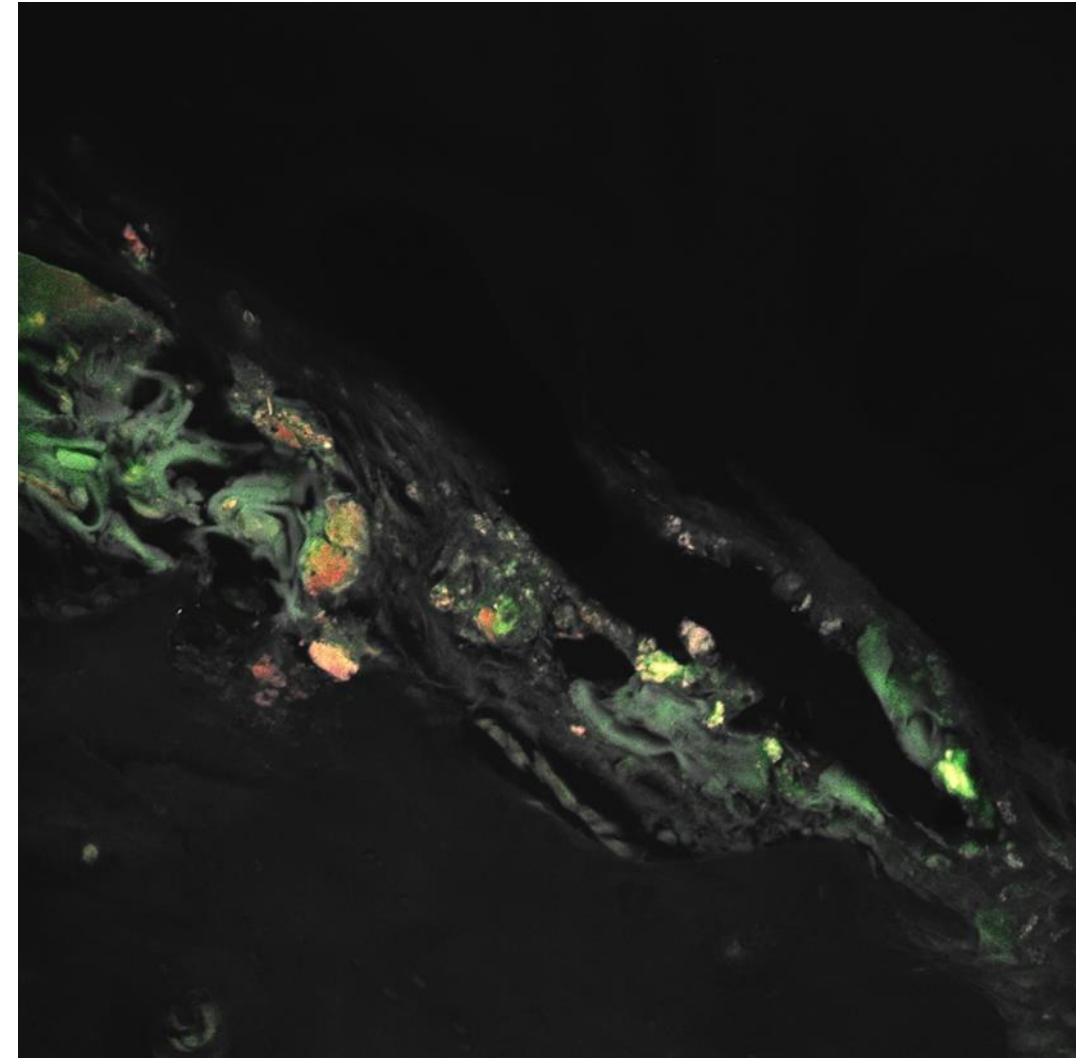


Введение НК Se-арабиногалактан,
зона перелома, 35 дней

Возможность создания долговременных депо НК Se-арабиногалактан

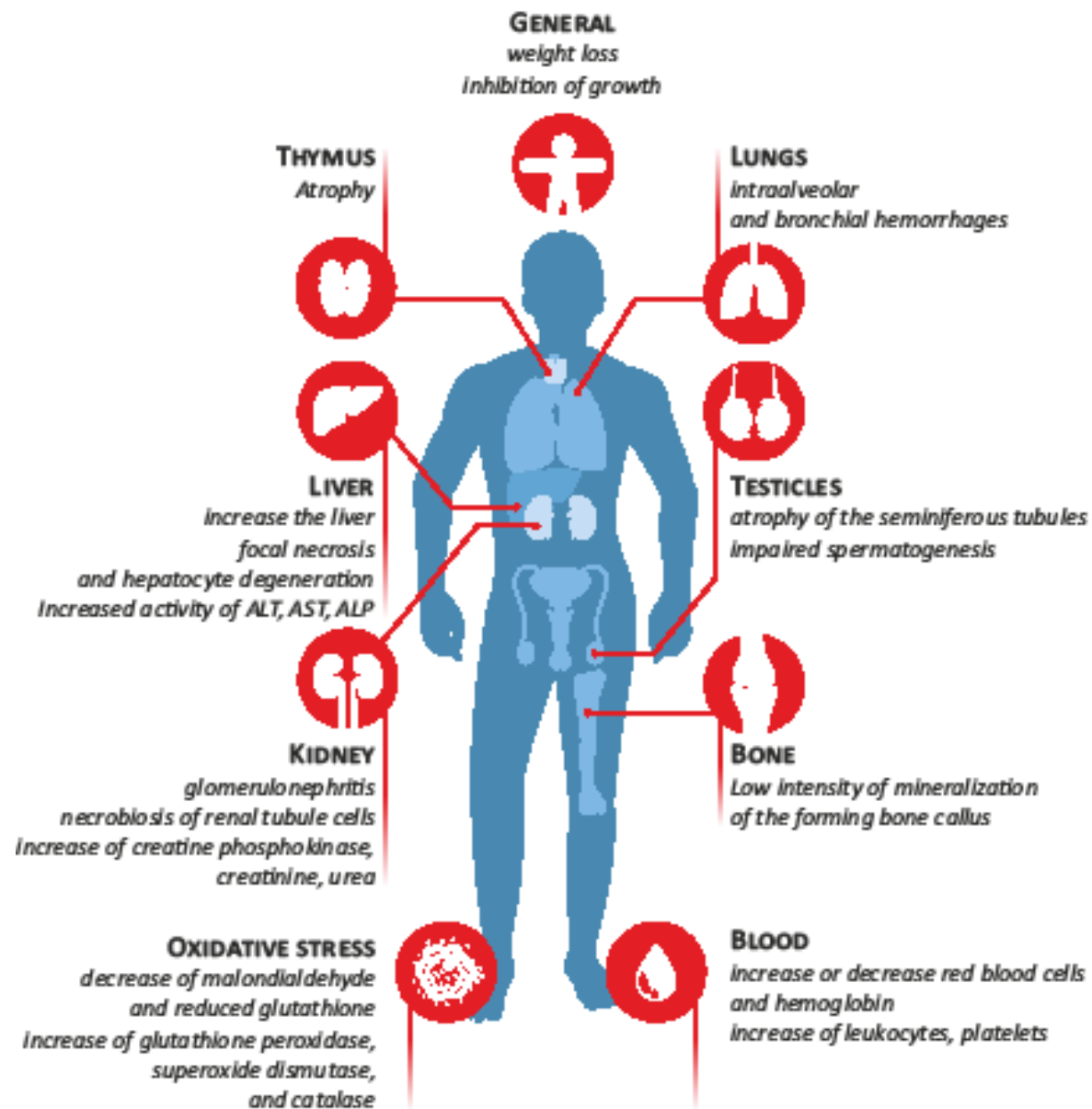


Детекция НК в зоне перелома, 35 дней



LSM-710, Zeiss

Токсические эффекты НК Se



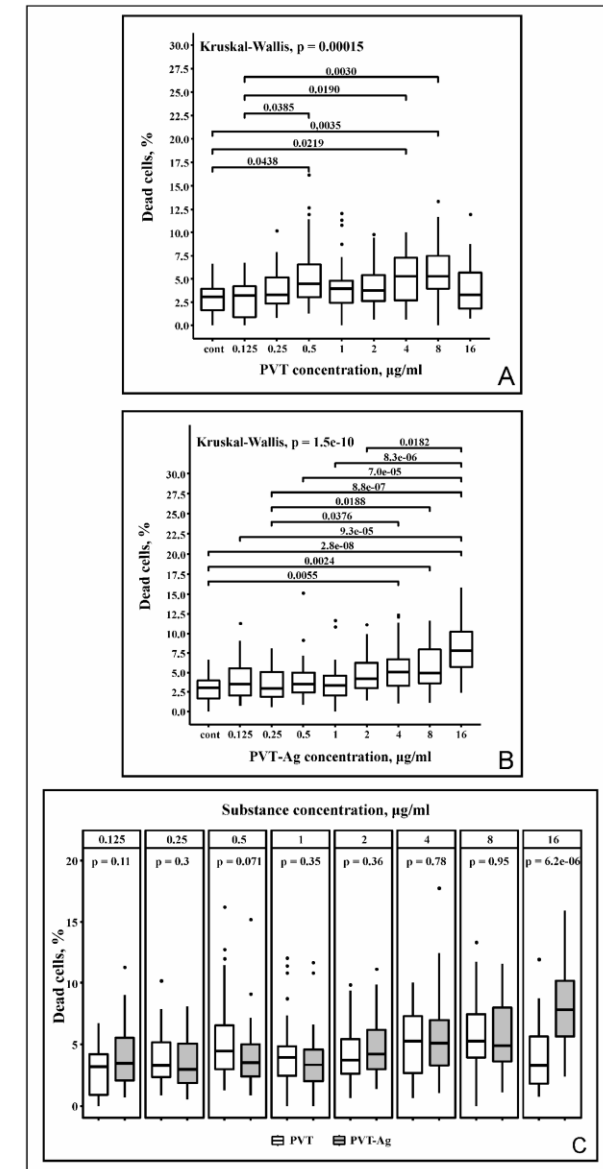
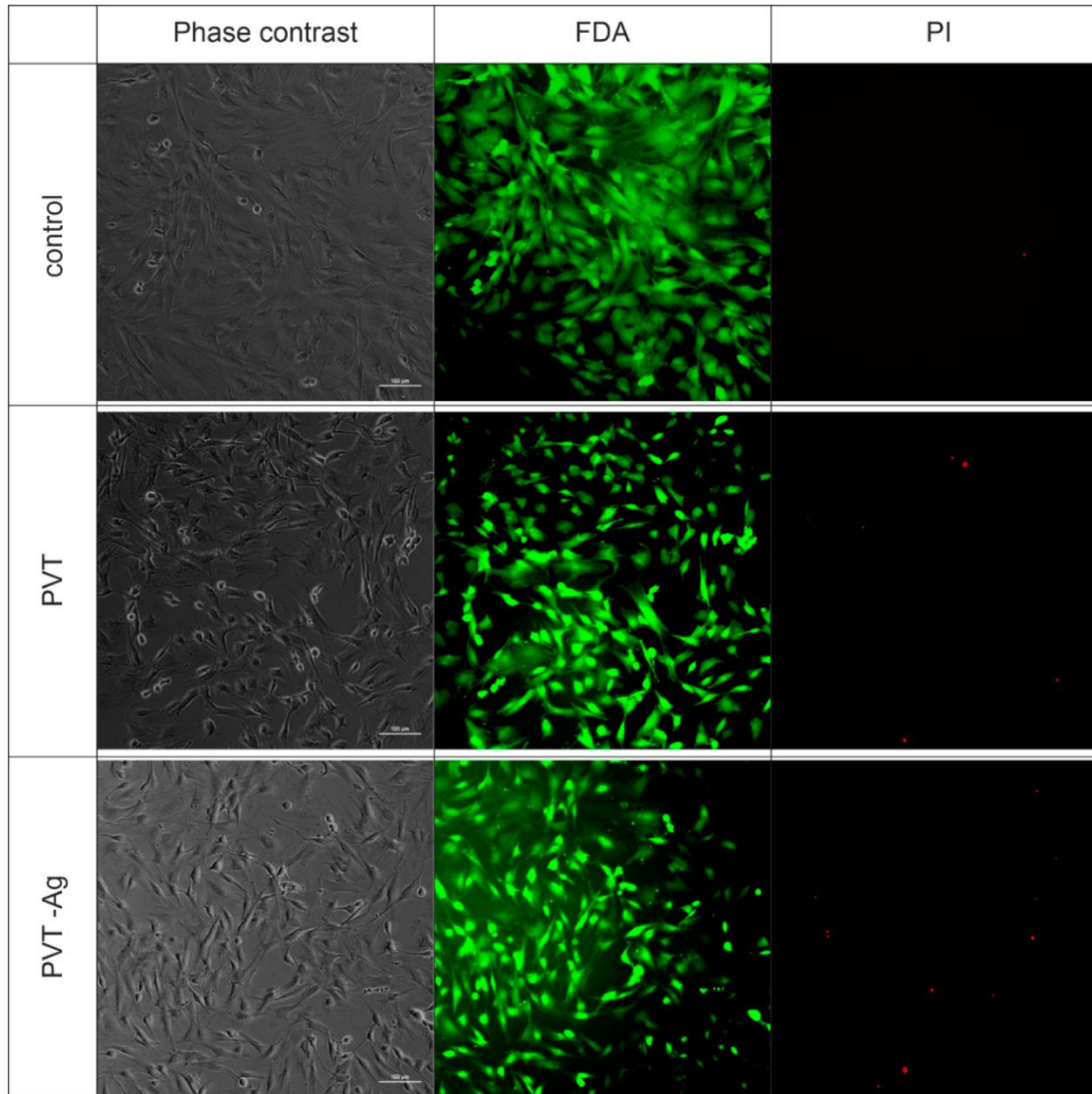
SELENIUM NANOPARTICLES: TOXICITY AND SAFETY

Shurygina I.A., Trukhan I.S., Dremina N.N., Shurygin M.G.

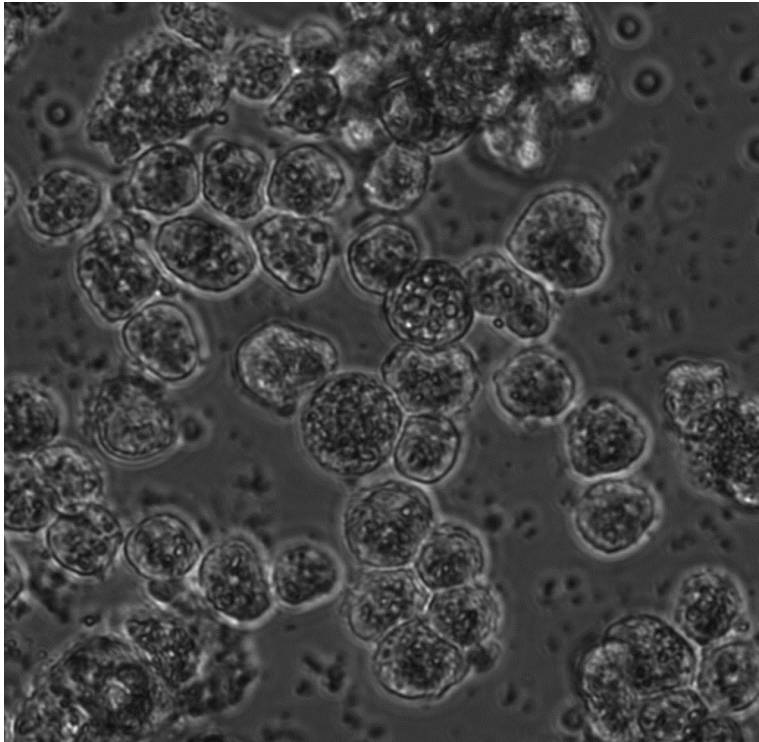
В книге: Nanotechnology in Medicine: Toxicity and Safety.

Wiley-Blackwell, 2021. P. 49-66.

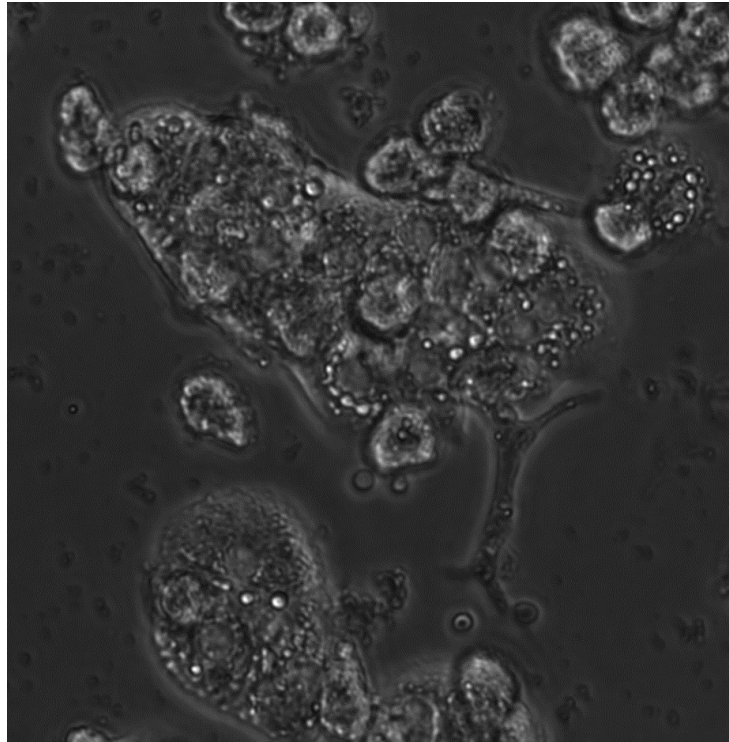
Токсичность НК Ag(0)-ПВТ



НК Cu-ПВИ – культивирование гепатоцитов

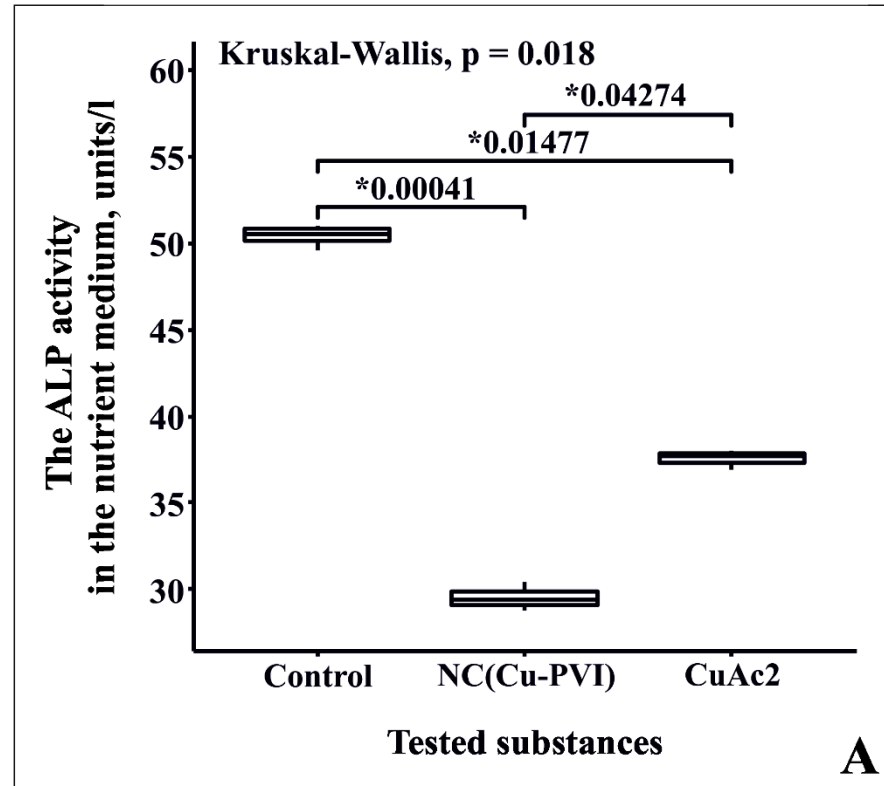
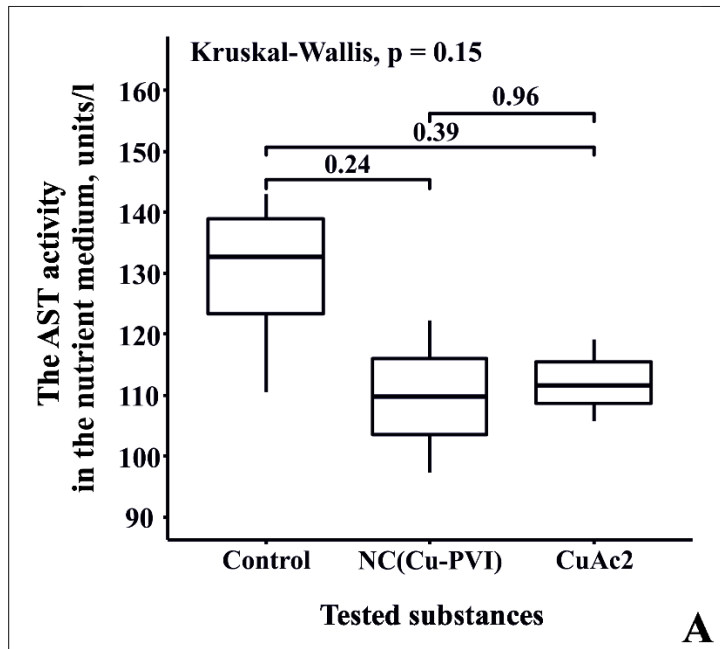
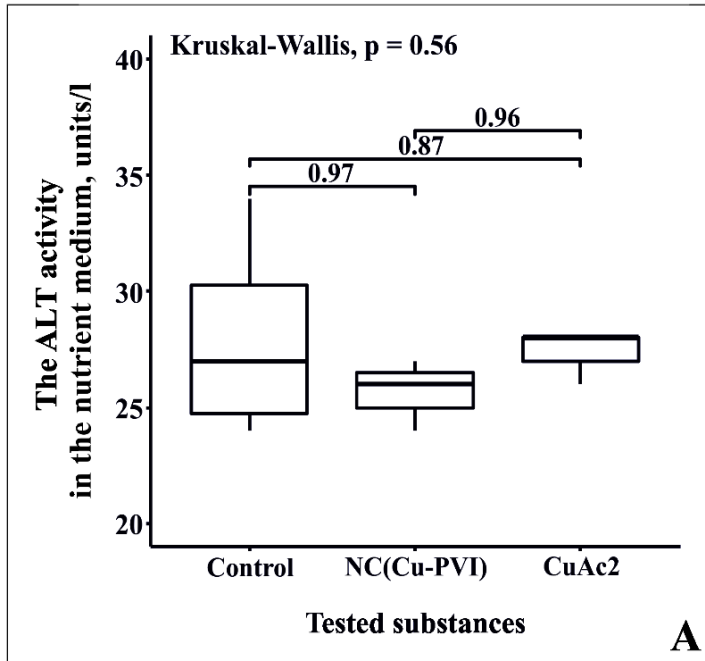


Контроль



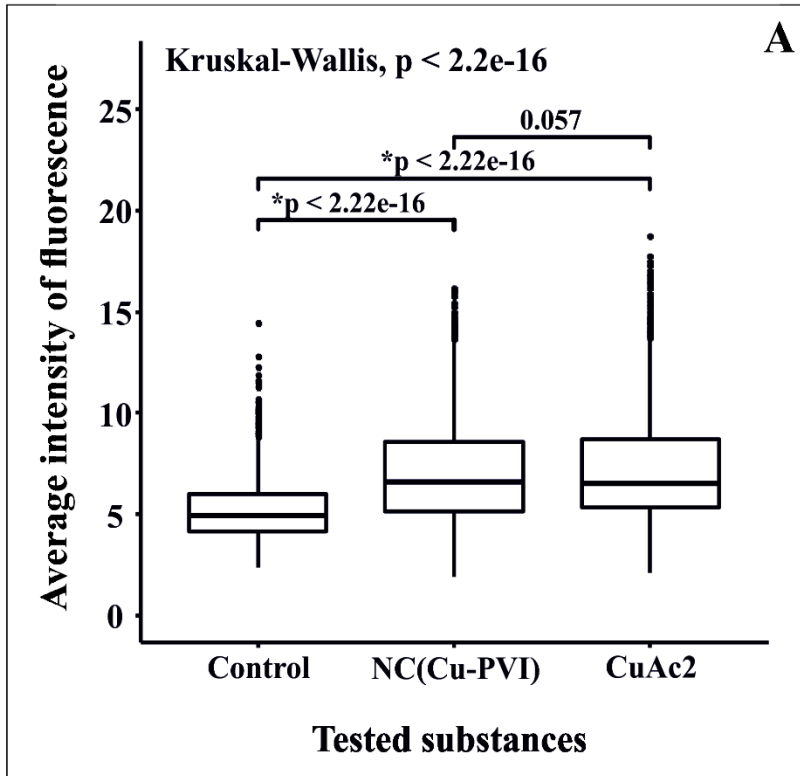
НК Cu-ПВИ

НК Cu-ПВИ – культивирование гепатоцитов



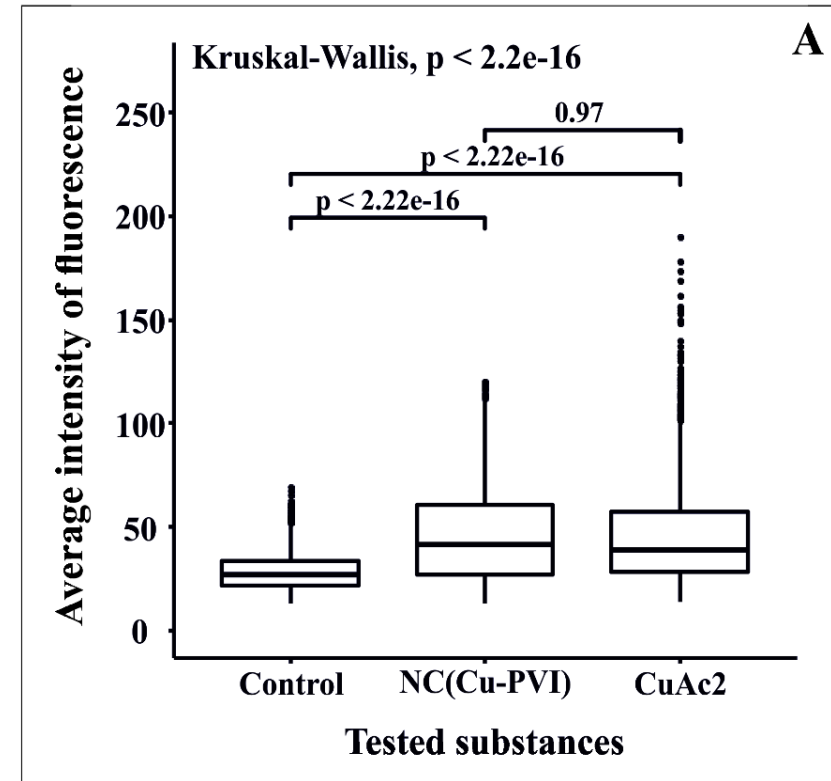
6 h.

Включение меди их НК в ферментные системы гепатоцитов



Цитохром С оксидаза

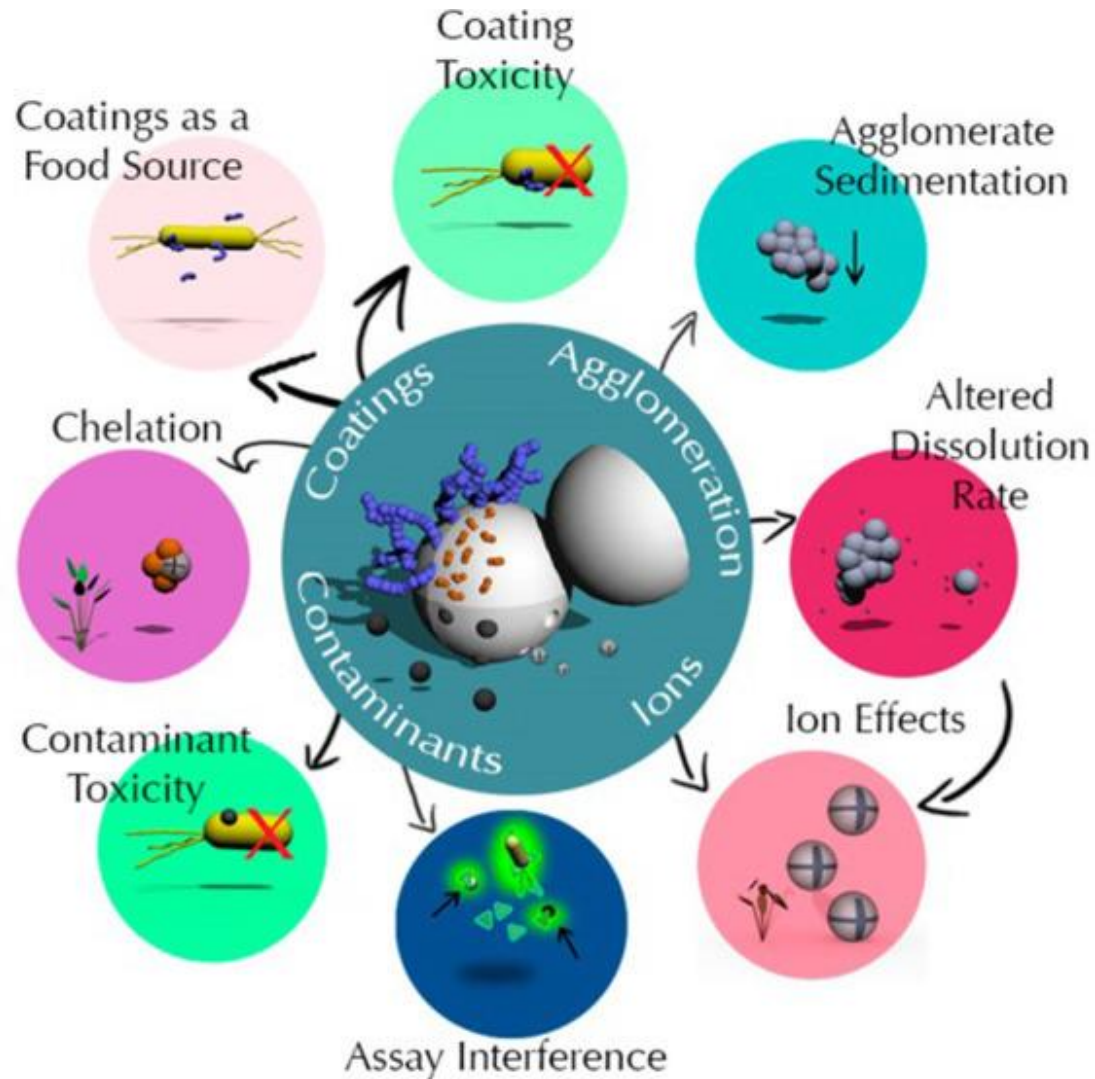
6 ч



Глутатионсинтетаза

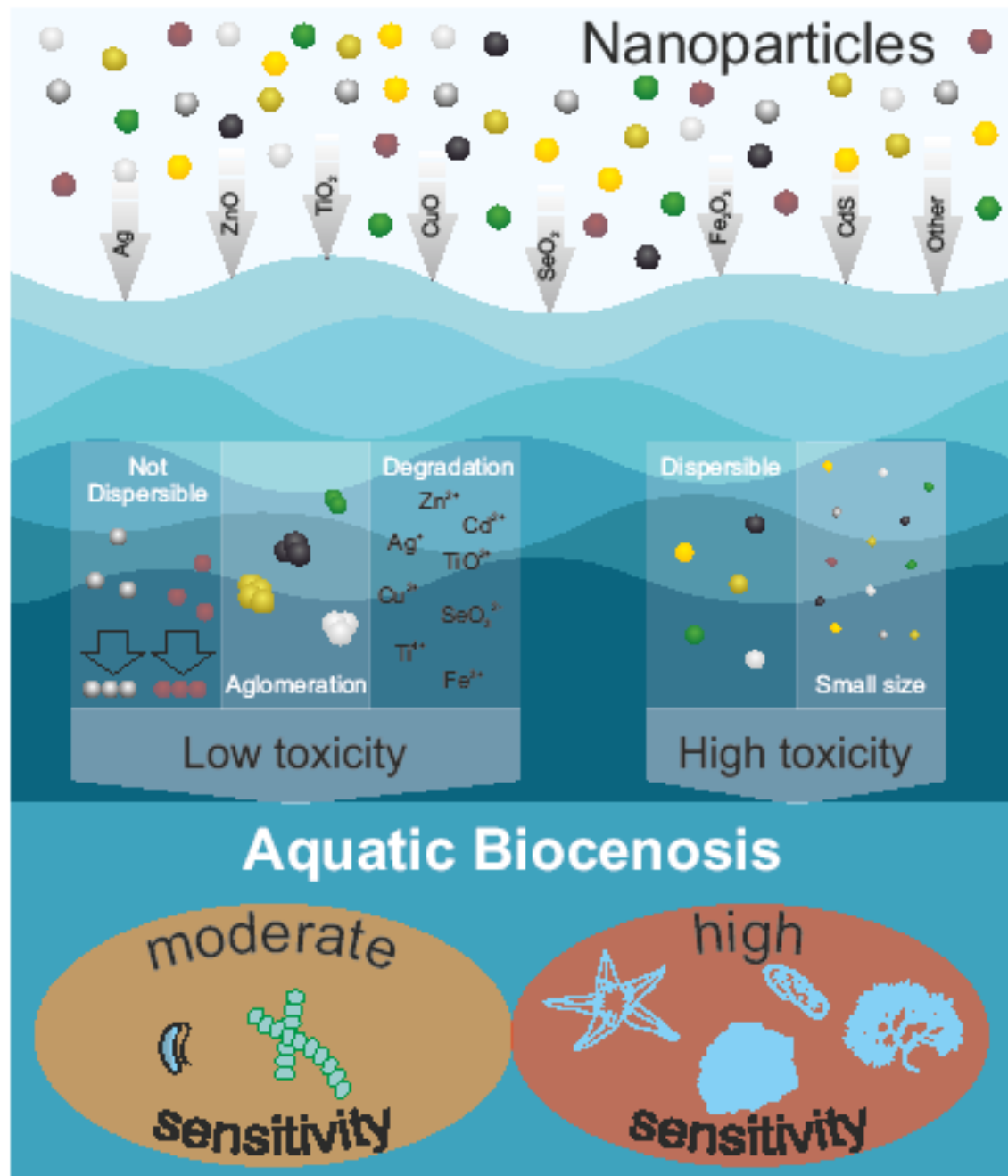
Пути контаминации нанокompозитами

Confounding Results



Inaccurate Dosing

E.J. Petersen, T.B. Henry, J. Zhao, R.I. MacCuspie, T.L. Kirschling, M.A. Dobrovolskaia, V. Hackley, B. Xing, J.C. White, Identification and avoidance of potential artifacts and misinterpretations in nanomaterial ecotoxicity measurements. *Environ. Sci. Technol.* 48, 4226–4246 (2014)



Shurygina I.A., Sosedova L.M., Novikov M.A., Titov E.A., Shurygin M.G. ECOTOXICITY OF NANOMETALS: THE PROBLEMS AND SOLUTIONS/ in Nanomaterials: Ecotoxicity, Safety, and Public Perception. Springer, Berlin, 2018. P. 95-117. DOI: 10.1007/978-3-030-05144-0_6



Shurygina I.A., Sosedova L.M., Novikov M.A., Titov E.A., Shurygin M.G. ECOTOXICITY OF NANOMETALS: THE PROBLEMS AND SOLUTIONS/ in Nanomaterials: Ecotoxicity, Safety, and Public Perception. Springer, Berlin, 2018. P. 95-117. DOI: 10.1007/978-3-030-05144-0_6

Публикации

Shurygina I.A., Sukhov B.G., Fadeeva T.V., Umanets V.A., Shurygin M.G., Ganenko T.V., Kostyro Y.A., Grigoriev E.G., Trofimov B.A. BACTERICIDAL ACTION OF AG(0)-ANTITHROMBOTIC SULFATED ARABINO GALACTAN NANOCOMPOSITE: COEVOLUTION OF INITIAL NANOCOMPOSITE AND LIVING MICROBIAL CELL TO A NOVEL NONLIVING NANOCOMPOSITE// Nanomedicine: Nanotechnology, Biology and Medicine. 2011. Т. 7. № 6. С. 827-833.

Shurygina I.A., Rodionova L.V., Shurygin M.G., Popova L.G., Dremina N.N., Sukhov B.G., Kuznetsov S.V. USING CONFOCAL MICROSCOPY TO STUDY THE EFFECT OF AN ORIGINAL PRO-ENZYME SE/ARABINO GALACTAN NANOCOMPOSITE ON TISSUE REGENERATION IN A SKELETAL SYSTEM// Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. 2015. Т. 79. № 2. С. 256-258.

Fadeeva T.V., Shurygina I.A., Sukhov B.G., Rai M.K., Shurygin M.G., Umanets V.A., Lesnichaya M.V., Kon'kova T.V., Shurygin D. M. RELATIONSHIP BETWEEN THE STRUCTURES AND ANTIMICROBIAL ACTIVITIES OF ARGENTIC NANOCOMPOSITES// Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Physics. 2015. Т. 79. № 2. С. 273-275.

Rodionova L.V., Shurygina I.A., Sukhov B.G., Popova L.G., Shurygin M.G., Artem'ev A.V., Pogodaeva N.N., Kuznetsov S.V., Gusarova N.K., Trofimov B.A. NANOBIOCOMPOSITE BASED ON SELENIUM AND ARABINO GALACTAN: SYNTHESIS, STRUCTURE, AND APPLICATION// Russian Journal of General Chemistry. 2015. Т. 85. № 2. С. 485-487.

Shurygina I.A., Shurygin M.G., Dmitrieva L.A., Fadeeva T.V., Ganenko T.V., Tantsyrev A.P., Sapozhnikov A.N., Sukhov B.G., Trofimov B.A. BACTERIO- AND LYMPHOCYTOTOXICITY OF SILVER NANOCOMPOSITE WITH SULFATED ARABINO GALACTAN// Russian Chemical Bulletin. 2015. Т. 64. № 7. С. 1629-1632.

Лесничая М.В., Александрова Г.П., Фадеева Т.В., Шурыгина И.А., Сухов Б.Г., Трофимов Б.А. ПОЛУЧЕНИЕ НОВЫХ АНТИМИКРОБНЫХ АГЕНТОВ НА ОСНОВЕ НАНОКОМПОЗИТОВ СЕРЕБРА В МАТРИЦАХ ПРИРОДНЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ// Журнал инфектологии. 2017. Т. 9. № S1. С. 92.

Ганенко Т.В., Танцырев А.П., Фадеева Т.В., Шурыгина И.А., Шурыгин М.Г., Сухов Б.Г., Трофимов Б.А. АНТИМИКРОБНАЯ АКТИВНОСТЬ СЕРЕБРЯННЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ АРАБИНОГАЛАКТАНА И ЕГО СУЛЬФОПРОИЗВОДНЫХ// Журнал инфектологии. 2017. Т. 9. № S1. С. 51-52.

Шурыгина И.А., Шурыгин М.Г. ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ МЕТАЛЛОВ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ РЕГЕНЕРАТИВНОЙ МЕДИЦИНЫ// Сибирское медицинское обозрение. 2018. № 4 (112). С. 31-37.

Shurygina I.A., Trukhan I.S., Fadeeva T.V., Dremina N.N., Shurygin M.G., Prozorova G.F., Korzhova S.A., Pozdnyakov A.S., Emel'yanov A.I., Kuznetsova N.P. NONTOXIC SILVER/POLY-1-VINYL-1,2,4-TRIAZOLE NANOCOMPOSITE MATERIALS WITH ANTIBACTERIAL ACTIVITY// Nanomaterials. 2020. Т. 10. № 8. С. 1-17.

Shurygina I.A., Shurygin M.G. USE OF NANOSELENIUM IN CHEMOTHERAPY DRUG DELIVERY SYSTEMS// Nanotechnologies in Russia. 2020. Т. 15. № 11-12. С. 679-685.

Соседова Л.М., Титов Е.А., Новиков М.А., Шурыгина И.А., Шурыгин М.Г. ВОЗДЕЙСТВИЕ НАНОЧАСТИЦ МЕТАЛЛОВ НА ВОДНЫЙ БИОЦЕНОЗ// Гигиена и санитария. 2021. Т. 100. № 1. С. 30-35.

Shurygina I.A., Trukhan I.S., Dremina N.N., Say O.V., Shurygin M.G., Prozorova G.F., Korzhova S.A., Emel'yanov A.I., Kuznetsova N.P., Pozdnyakov A.S. EVALUATION OF THE SAFETY AND TOXICITY OF THE ORIGINAL COPPER NANOCOMPOSITE BASED ON POLY-N-VINYLMIDAZOLE// Nanomaterials. 2022. Т. 12. № 1.

Tantsyrev A., Zvereva M., Fadeeva T., Nevezhina A., Shurygina I., Titova Yu., Ivanov A. ARABINO GALACTAN-ASSOCIATED MECHANOCHEMICAL SYNTHESIS AND ANTIMICROBIAL ACTIVITY OF IODINE-CONTAINING NANOCOMPOSITES: THE USE OF GREEN TECHNOLOGY FOR ANTIMICROBIC AGENTS DESIGN/ International Journal of Biological Macromolecules. 2025. V. 318. № Part 1. P. 144971.

Благодарю за внимание!



irinashurygina@gmail.com