

## Особенности биологического действия наночастиц серебра в организме животных

*И.Р. Шамсутдинова*, аспирантка, *М.А. Дерхо*, д.б.н., профессор, ФГБОУ ВО Южно-Уральский ГАУ

В последние годы установлено, что серебро является не только биоцидным металлом, но и

микроэлементом. Содержание серебра в организме животных и человека составляет 20 мкг га на 100 г сухого вещества, депонируется оно преимущественно в клетках мозга, желёз внутренней секреции, печени, почках, костях скелета [1].

Ионы серебра принимают участие в обменных процессах в организме животных и человека. В частности, они способны (в низких дозах) усиливать энергетический обмен за счёт интенсификации процессов окислительного фосфорилирования, увеличивать в клетках мозга количество нуклеиновых кислот, стимулировать восстановительные процессы в тканях [1], повышать уровень специфической защиты организма [2]. Однако ионы серебра при энтеральном введении очень мало абсорбируются из желудочно-кишечного тракта в кровь, так как быстро связываются с кислотными анионами, образуя малорастворимые соединения.

Поэтому в последние годы в биологии значительно повысился интерес к наносеребру, которое по сравнению с серебром в обычном физико-химическом состоянии отличается более выраженной биологической активностью. Наночастицы серебра, как и ионы серебра, обладают в животном организме антимикробным и противовоспалительным действием. Кроме того, они изменяют видовой состав микрофлоры желудочно-кишечного тракта птиц за счёт увеличения количества бифидобактерий [3], проявляют антиоксидантные свойства при кадмиевом токсикозе [4], стимулируют накопление биомассы растительными организмами [5], увеличивают упругость клеток [6], обнаруживают антиоксидантные свойства [7]. Несмотря на имеющиеся данные, биологическая роль наносеребра в организме человека и животных до сих пор изучена недостаточно.

В связи с этим целью нашей работы явилось изучение влияния наночастиц серебра на изменение массы тела и внутренних органов, уровень депонирования металла в экскреторных органах лабораторных крыс на фоне парентерального введения водной дисперсии.

**Материал и методы исследования.** Экспериментальная часть работы выполнена на базе вивария и кафедры органической, биологической и физколлоидной химии Южно-Уральского ГАУ в 2015 г. Объектом исследования являлись самцы крыс линии Вистар, которых содержали в стандартных условиях вивария при естественном освещении. Воду и корм им давали без ограничения.

Для проведения эксперимента были сформированы одна контрольная и три опытные группы по 7 особей в каждой. Животным I, II, III опытных групп в течение 30 сут. добавляли в питьевую воду наночастицы серебра, полученные химическим методом и стабилизированные цитратом натрия, в дозе соответственно 4,25; 6,61 и 12,81 мг на 1 кг живой массы в сутки.

Материал для исследования – печень, сердце, почки, селезёнку – получали после декапитации крыс, которую проводили под наркозом эфира с хлороформом с соблюдением принципов гуманности, изложенных в директивах Европейского сообщества (86/609/ЕЕС) и Хельсинкской декларации. Массу тела и внутренних органов определяли с помощью электронных весов марки ВК, концентрацию остаточного серебра в печени и почках – вольтамперометрическим методом.

Статистическую обработку данных проводили методом вариационной статистики на ПК с помощью табличного процессора «Microsoft Excel-2003» и пакета прикладной программы «Биометрия». Для оценки достоверности различий сравниваемых средних между малыми выборками использовали параметрический критерий Стьюдента.

**Результаты исследования.** Физиологические изменения, происходящие в организме крыс под воздействием испытываемых доз наночастиц серебра, оценивали по изменению массы тела и внутренних органов животных. Хотелось бы подчеркнуть, что до начала опыта крысы опытных групп достоверно не различались по величине массы тела, сердца, почек, печени и селезёнки, уровень которых колебался в пределах соответственно 248,86–251,57; 0,99–1,01; 0,89–0,92; 7,63–7,71 и 0,76–0,78 г (табл. 1).

Поступление наночастиц серебра в организм животных в составе питьевой воды инициировало сдвиги в их физиологическом состоянии, что отражалось на массе тела и внутренних органов и зависело от дозы вводимого препарата (табл. 1). Так, у крыс I и II опытных гр. абсолютная масса тела по сравнению с контролем увеличивалась соответственно на 9,43 (P<0,05) и 20,28% (P<0,001), что инициировало изменение массы внутренних

1. Изменения абсолютной массы тела и внутренних органов крыс, г (n=7, X±Sx)

Показатель	Время исследований	Группа			
		контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Масса тела	до опыта ч/з 30 сут.	248,86±4,21	251,57±3,18	249,43±6,20	250,43±5,55
		254,28±3,61	278,28±6,41*	305,85±1,56***	267,14±11,44
Масса сердца	до опыта ч/з 30 сут.	1,01±0,02	0,99±0,019	1,00±0,028	0,99±0,018
		1,02±0,024	1,05±0,08	1,20±0,02*	0,93±0,05
Масса почек	до опыта ч/з 30 сут.	0,92±0,022	0,89±0,019	0,90±0,017	0,90±0,027
		0,92±0,02	0,91±0,13	1,09±0,014	0,88±0,035
Масса печени	до опыта ч/з 30 сут.	7,69±0,18	7,71±0,11	7,67±0,15	7,63±0,12
		7,77±0,18	9,02±0,09***	9,30±0,35**	6,98±0,31
Масса селезёнки	до опыта ч/з 30 сут.	0,78±0,038	0,76±0,014	0,77±0,016	0,76±0,017
		0,78±0,026	0,83±0,069	0,92±0,039*	0,75±0,024

Примечание: \* – P<0,05; \*\* – P<0,01; \*\*\* – P<0,001 по отношению к величине «контроль»

органов. При этом достоверно возростала масса печени, а у животных II гр. — сердца и селезёнки.

Живая масса крыс III опытной гр. тоже увеличивалась, но менее значительно, чем I и II гр. Однако при этом наблюдалось по сравнению с контролем снижение массы сердца на 8,82%, почек — на 4,35%, печени — на 10,17% и селезёнки — на 3,85% (табл. 1).

Для того чтобы оценить физиологичность данных изменений, мы определили относительную массу внутренних органов (табл. 2). У особей I опытной гр. увеличение массы тела сопровождалось непропорциональным приростом массы печени, сердца и почек. При этом относительная масса печени по сравнению с контролем увеличивалась на 6,23% ( $P < 0,05$ ), сердца и почек, наоборот, снижалась, а селезёнки — сохранялась на уровне фона. Вероятно, наночастицы серебра в дозе 4,25 мг на 1 кг живой массы в сутки мало влияли на функциональное состояние селезёнки в организме животных.

У животных II опытной гр. абсолютная масса тела и внутренних органов изменялась максимально (табл. 2), но при этом сохранялась пропорциональность между приростом живой массы и увеличением размера печени, почек, сердца и селезёнки, так как их относительная масса практически не отличалась от фоновых значений.

Относительная масса внутренних органов крыс III опытной гр. по сравнению с контролем уменьшалась (табл. 2). Наибольшие изменения наблюдались в печени и сердце, относительная масса которых снизилась соответственно на 13,44 и 12,50% ( $P < 0,05$ ). Совокупность полученных данных свидетельствовала, что поступление наночастиц серебра в дозе 12,81 мг на 1 кг живой

массы в сутки инициировало в клетках внутренних органов сдвиги по типу апоптоза.

Результаты наших исследований позволяют констатировать, что наночастицы серебра в организме крыс проявляли анаболическое действие, выраженность которого зависела от дозы поступления металла. Аналогичные данные получены Е.В. Тарабановой [8]. Автор установила, что добавление в рацион кормления птиц серебряного нанокompозита положительно влияло на прирост массы тела утят и цыплят.

На следующем этапе нашей работы мы определили остаточное количество серебра в экскреторных органах крыс. До опыта серебро в остаточных количествах определялось только в печени, уровень металла не превышал 0,002 мкг/кг (табл. 3).

Поступление наночастиц серебра в организм крыс способствовало накоплению металла в клетках печени и почек. При этом прослеживалась взаимосвязь между дозой поступления наносеребра в организм крыс и его остаточным количеством в экскреторных органах. Анализ данных таблицы 3 позволил выявить следующие особенности:

1. Серебро преимущественно депонировалось в печени. Вероятно, данный орган играет ведущую роль в процессах выведения металла из организма животных.

2. Количество накопленного серебра в печени и почках крыс было значительно меньше уровня его поступления, что свидетельствовало о достаточно быстрой элиминации металла из организма животных.

3. Накопление серебра в органах крыс не превышало 80,74±4,75 мкг/кг.

Результаты наших исследований согласуются с данными, полученными на примере организма

## 2. Изменение относительной массы внутренних органов крыс, %, (n=7, X±Sx)

Показатель	Время исследований	Группа			
		контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Печень	до опыта	3,09±0,071	3,07±0,079	3,09±0,10	3,06±0,09
		3,05±0,062	3,24±0,077*	3,03±0,11	2,64±0,15*
Сердце	до опыта	0,41±0,016	0,40±0,010	0,40±0,019	0,40±0,013
		0,40±0,014	0,38±0,030	0,39±0,007	0,35±0,023*
Селезёнка	до опыта	0,31±0,010	0,30±0,006	0,30±0,006	0,30±0,010
		0,30±0,013	0,30±0,028	0,30±0,012	0,28±0,015
Почки	до опыта	0,36±0,010	0,35±0,010	0,36±0,005	0,36±0,012
		0,36±0,009	0,33±0,049	0,35±0,004	0,33±0,018

Примечание: \* —  $P < 0,05$  по отношению к величине «контроль»

## 3. Остаточное количество серебра в органах крыс, мкг/кг (X±Sx)

Показатель	Время исследований	Группа			
		контрольная	I опытная	II опытная	III опытная
Печень	до опыта	0,002±0,00074	0,0017±0,00078	0,0019±0,00059	0,0017±0,00087
		0,002±0,00081	16,64±0,74***	24,41±0,0,75***	80,74±4,75***
Почки	до опыта	—	—	—	—
		—	5,07±0,74***	7,87±0,48***	10,67±0,73***

Примечание: \* —  $P < 0,001$  по отношению к величине «контроль»

бройлерных цыплят на фоне введения водной коллоидной дисперсии наночастиц серебра [9].

Таким образом, результаты наших исследований показали, что наночастицы серебра в организме крыс обладают анаболическим действием. Анаболический эффект в максимальной степени выражен при поступлении металла в организм крыс в дозе 6,61 мг на 1 кг живой массы в сутки. При этой дозе сохраняется пропорциональность между приростом массы тела и увеличением массы органов, что свидетельствует о физиологичности изменений. Серебро преимущественно депонируется в печени. Уровень накопления металла определяется количеством серебра, поступившего в организм крыс парентерально.

### Литература

- Кульский Л.А. Серебряная вода. Киев: Наукова думка, 1987. 152 с.
- Нежинская Г.И., Копейкин В.В., Гмиро В.Е. Иммунотропные свойства высокодисперсного металлического серебра // Серебро в медицине, биологии и технике. Препринт № 4. Новосибирск: СО РАМН, 1995. С. 151–153.
- Зинина Е.Н. Местная защита слизистых оболочек и состояние резистентности у кур после применения серебросодержащего препарата «Silvcoll»: автореф. дисс. ... канд. вет. наук. Саранск: Мордовский ГУ им. Н.П. Огарёва, 2013. 24 с.
- Ткаченко Е.А., Дерхо М.А. Влияние 6-токоферола и наночастиц серебра на морфологический состав крови мышей при экспериментальной кадмиевой интоксикации // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2015. № 1 (51). С. 84–87.
- Юркова И.Н., Юркова А.В., Омельченко А.В. Влияние наночастиц серебра на ростовые процессы пшеницы // Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления. Научно-технический журнал. 2014. № 1 (46). С. 69–74.
- Красочко П.А., Чижик С.А., Худoley А.Л. Оценка взаимодействия наночастиц серебра с перевариваемыми клетками МБДК. [Электронный ресурс]. URL: <http://86.57.180.90/fulltext/stat/418.pdf> 2012 (дата обращения 26.03.2014).
- Ткач О.Б., Трохимчук А.К., Левицкий А.П. Биохимические маркеры воспаления и антиоксидантной защиты в тканях полости рта крыс при воздействии липополисахарида и наночастиц золота и серебра. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.herald.com.ua/2013/03\\_13](http://www.herald.com.ua/2013/03_13). (Дата обращения 25.03.2015).
- Тарабанова Е.В. Физиологический статус сельскохозяйственной птицы в раннем онтогенезе при выращивании с использованием серебряного нанокompозита: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Новосибирск: НГАУ. 2013. 23 с.
- Оценка уровня накопления серебра в тканях и органах цыплят-бройлеров при пероральном и аэрозольном применении коллоидного серебра / В.Ю. Коптев, М.А. Титова, Н.Ю. Балыбина [и др.] // Проблемы биологии продуктивных животных. 2014. № 3. С. 92–100.