

Ветеринарный врач. 2025. № 3. С. 27 – 32
 The Veterinarian. 2025; (3): 27 – 32

Научная статья
 УДК 619:631.015
 DOI: 10.33632/1998-698X_2025_3_27

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНОГО СРЕДСТВА «МОДИСОРБ ПЛЮС» ДЛЯ КОРРЕКЦИИ ЕСТЕСТВЕННОЙ РЕЗИСТЕНТНОСТИ И МИКРОБИОТЫ КИШЕЧНИКА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА ОРГАНИЗМ ОВЕЦ

Даниль Рустамович Сагдеев, кандидат ветеринарных наук, sagdeevdaniel@mail.ru
 Ильнур Равилевич Кадиков, доктор биологических наук, cir6@yandex.ru
 Екатерина Ивановна Куршакова, кандидат биологических наук, keter-89@mail.ru
 Константин Анатольевич Осянин, кандидат биологических наук, kostja-2003@yandex.ru
 Андрей Александрович Корчемкин, кандидат биологических наук, yzkiy@mail.ru
 Екатерина Николаевна Майорова, кандидат биологических наук, majorovaen83@mail.ru
 Светлана Nikolaevna Potapova, кандидат ветеринарных наук, svetlana150895@yandex.ru

Федеральный центр токсикологической, радиационной и биологической безопасности, Казань, Российская Федерация

Автор, ответственный за переписку: Даниль Рустамович Сагдеев.

Аннотация. Проведено исследование по изучению показателей естественной резистентности и микробиоты кишечника овец при воздействии тяжелых металлов и применении комплексного средства «Модисорб плюс». Овцы были разделены на 3 группы: 1 – контроль (основной рацион); 2 – кадмий и свинец в дозе 5 ПДК (токсический контроль); 3 – кадмий и свинец в дозе 5 ПДК и комплексное средство «Модисорб плюс». В результате было выявлено, что тяжелые металлы снижают значения показателей естественной резистентности, а также увеличивают количество бактерий, таких как *Clostridium difficile*, *Proteus spp.*, *Enterobacter spp.* / *Citrobacter spp.*, *Parvimonas micra*. При применении комплексного средства уровень данных показателей был приближен к контрольным значениям. Таким образом, добавление в рацион овец комплексного средства «Модисорб плюс», на основе эссенциальных элементов, серосодержащей аминокислоты, адаптогенов и сорбента нормализует показатели неспецифической резистентности, а также предотвращает развитие патогенной микрофлоры.

Ключевые слова: кадмий, свинец, комплексное средство, неспецифическая резистентность, микробиота кишечника, овцы

Для цитирования: Сагдеев Д.Р., Кадиков И.Р., Куршакова Е.И., Осянин К.А., Корчемкин А.А., Майорова Е.Н., Потапова С.Н. Применение комплексного средства «Модисорб плюс» для коррекции естественной резистентности и микробиоты кишечника при воздействии тяжелых металлов на организм овец // Ветеринарный врач. 2025. № 3. С. 27 – 32. DOI: 10.33632/1998-698X_2025_3_27

THE USE OF THE MODISORB PLUS COMPLEX AGENT TO CORRECT THE NATURAL RESISTANCE AND INTESTINAL MICROBIOTA IN SHEEP EXPOSED TO HEAVY METALS

Danil R. Sagdeev, candidate of veterinary sciences, sagdeevdaniel@mail.ru
 Il'nur R. Kadikov, doctor of biological sciences, cir6@yandex.ru
 Ekaterina I. Kurshakova, candidate of biological sciences, keter-89@mail.ru
 Konstantin A. Ossyanin, candidate of biological sciences, kostja-2003@yandex.ru
 Andrey A. Korchemkin, candidate of biological sciences, yzkiy@mail.ru
 Ekaterina N. Mayorova, candidate of biological sciences, majorovaen83@mail.ru
 Svetlana N. Potapova, candidate of veterinary sciences, svetlana150895@yandex.ru

Federal Center for Toxicological, Radiation and Biological Safety, Kazan, Russian Federation

Corresponding author: Daniil Rustamovich Sagdeev.

Abstract. A study was conducted to study the indicators of natural resistance and intestinal microbiota of sheep when exposed to heavy metals and the use of the complex agent Modisorb Plus. Sheep were divided into 3 groups: 1 – control (basic diet); 2 – cadmium and lead at a dose of 5 MPC (toxic control); 3 – cadmium and lead at a dose of 5 MPC and the complex agent Modisorb plus. As a result, it was found that heavy metals reduce the values of natural resistance indicators, as well as increase the number of bacteria such as *Clostridium difficile*, *Proteus* spp., *Enterobacter* spp. / *Citrobacter* spp., *Parvimonas micra*. When using a complex tool, the level of these indicators was close to the control values. Thus, the addition of the Modisorb Plus complex agent to the sheep diet, which includes a complex of essential elements, a sulfur-containing amino acid, adaptogens and sorbent, normalizes the indicators of nonspecific resistance, and also prevents the development of pathogenic microflora.

Keywords: cadmium, lead, complex agent, nonspecific resistance, intestinal microbiota, sheep

Введение. Уровень антропогенного воздействия на окружающую среду возрастает с каждым годом. Связано это не только с ростом перерабатывающих предприятий и развитием агропромышленного комплекса, но и с аккумуляцией ксенобиотиков (кадмий, свинец, ртуть) в воздухе с последующей миграцией данных элементов в системе «вода-почва-растения-животное-человек» [1, 2]. Воздействие даже малых количеств экотоксикантов вызывает патологические изменения в организме, приводит к нарушению обмена веществ, иммунологического статуса, нервной, сердечно-сосудистой и эндокринных систем, при этом значимую роль играют ксенобиотики [3, 11].

Ксенобиотики попадая в организм животных действуют в начале на клетки слизистых оболочек, на поверхности которых они осаждаются и всасываются через клеточные мембранны нарушая электролитный гомеостаз клеток. Это приводит к тому, что клетки погибают и токсичные элементы начинают всасываться в кровь через межклеточное пространство. В кровяном русле ксенобиотики действуют на вторую группу клеток красной и белой крови. Клетки белой крови участвуют в иммунологических реакциях организма, в том числе в реакциях фагоцитоза, отвечающей за неспецифическую резистентность организма [4, 5, 6, 7].

Как и всем живым организмам, микроорганизмам в качестве компонентов питания необходимы эссенциальные элементы (марганец, железо, медь, кобальт, цинк) [1]. Биоаккумуляция эссенциальных элементов клетками микроорганизмов протекает в две фазы. Первая фаза обусловлена сорбцией металлов компонентами клеточной стенки, а вторая – энергозависимым внутриклеточным накоплением с участием ферментов – переносчиков ионов [8].

Роль микробиома кишечника в поддержании гомеостаза организма трудно переоценить. Аккумуляция ионов токсичных тяжёлых металлов микроорганизмами является защитным механизмом (детоксикация), осуществляющимся путём специфического связывания металла с особыми полимерами, синтез которых обусловлен субстратиндукторами (тяжёлыми металлами). Микроорганизмы переводят металлы из ионной формы в металлическую, образуя комплексы с органическими и неорганическими соединениями в результате окислительно-восстановительных процессов. При этом металл, отложенный в клеточной стенке в кристаллическом виде или в виде плохо растворимых соединений, оказывается безвредным для бактерий [1]. В связи с этим поиск детоксикационных методов, позволяющих снижать токсическое влияние и оказывать стимулирующее действие на показатели неспецифической защиты организма при отравлении тяжёлыми металлами, является актуальным и перспективным направлением ветеринарной науки [9].

Цель исследования – изучение показателей неспецифической резистентности и микробиомы кишечника овец при воздействии тяжелых металлов и применении комплексного средства «Модисорб плюс».

Материалы и методы. Работа по изучению показателей неспецифической резистентности и определению количественного состава микробиоты толстого кишечника овец проведена на базе Федерального центра токсикологической, радиационной и биологической безопасности (отделение токсикологии), г. Казань. В качестве тяжелых металлов были выбраны – кадмия хлорид и ацетат свинца. Комплексное средство «Модисорб плюс» было получено нами в лабораторных условиях путем смешения всех компонентов.

Эксперимент проводили на 9 овцах с живой массой тела 40-45 кг, разделенных на следующие группы: 1 – контроль (основной рацион); 2 – кадмий и свинец в дозе 5 ПДК (токсический контроль); 3 – кадмий и свинец в дозе 5 ПДК и комплексное средство «Модисорб плюс».

Фагоцитарную активность нейтрофилов (фагоцитарное число, фагоцитарный индекс, фагоцитарная ёмкость) определяли по методике Кост М. А. и Стенко М. И. [10]. Определение количественного состава микробиоты выполнено методом полимеразной цепной реакции (ПЦР-РВ) с флуоресцентной детекцией в реальном времени с помощью набора «Колонофлор» (ООО «Альфалаб») в отделении биохимии и генетического анализа ФГБНУ «ФЦТРБ-ВНИВИ».

Для всех количественных данных вычисляли групповое среднее арифметическое (M), ошибку среднего значения (m). Вероятность различий показателей средних значений в группах определяли с использованием критерия t-Стьюдента. Различия были достоверными при уровне значимости $p \leq 0,95$.

Результаты исследований и их обсуждение. Показатели неспецифической резистентности овец приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели естественной резистентности крови овец

Показатель, ед. измерения	1 Контроль	2 Cd+Pb	3 Cd+Pb+«Модисорб плюс»
Фагоцитарная активность, %	28,05±0,63	18,53±2,08**	25,25±0,52
Фагоцитарное число	5,98±0,10	2,80±0,13***	5,68±0,07
Фагоцитарный индекс	10,84±0,16	5,52±0,13***	10,09±0,09
Фагоцитарная ёмкость, %	56,51±1,30	43,12±2,10**	61,06±0,65*
* $p < 0,05$; ** $p < 0,01$; *** $p < 0,001$			

Из таблицы 1 видно, что у животных второй группы происходило снижение значений исследуемых показателей естественной резистентности. Фагоцитарная активность снизилась на 34 %, фагоцитарное число на 54 %, фагоцитарный индекс на 49 % и фагоцитарная ёмкость на 24 % по сравнению с контролем. У животных третьей группы, которым наряду с металлами добавляли комплексное средство на основе сорбента, адаптогенов, микроэлементов-антагонистов и аминокислоты, наблюдалось менее выраженное угнетение показателей фагоцитоза, чем у овец второй группы.

Для подтверждения эффективности комплексного средства «Модисорб плюс» при воздействии токсичных элементов был изучен количественный состав микробиоты толстого кишечника овец методом полимеразной цепной реакции в реальном времени (ПЦР-РВ) с флуоресцентной детекцией с помощью набора «Колонофлор» (таблица 2).

Как видно из таблицы 2, содержание полезных бактерий *Lactobacillus spp.* и *Bifidobacterium spp.* в подопытных группах было на одном уровне менее 10^5 . В опытной группе овец, получавших кадмий и свинец, содержание *Clostridium difficile*, *Proteus spp.*, *Enterobacter spp.* / *Citrobacter spp.*, *Parvimonas micra* было больше, чем в группе 3, получавших кадмий и свинец в тех же дозах, что и в группе два, но с добавлением разработанного рецепта кормовой добавки. Воздействие ксенобиотиков на микробиом кишечника может быть прямым или косвенным. В данном случае

сдвигом условно-патогенной микрофлоры. Во второй группе овец появилась патогенная *Salmonella* spp. $2 \cdot 10^5$.

Таблица 2 – Определение количественного состава микробиоты толстого кишечника овец

Показатель, ед. измерения	Референтный интервал	1 Контроль	2 Cd+Pb	3 Cd+Pb+ Рецепт
Общая бактериальная масса	Не более 10^{12}	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
<i>Lactobacillus</i> spp.	$10^7 - 10^8$	Менее 10^5	Менее 10^5	Менее 10^5
<i>Bifidobacterium</i> spp.	$10^9 - 10^{10}$	Менее 10^5	Менее 10^5	Менее 10^5
<i>Escherichia coli</i>	$10^7 - 10^8$	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
<i>Bacteroides fragilis</i> group	$10^9 - 10^{12}$	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
<i>Faecalibacterium prausnitzii</i>	$10^8 - 10^{11}$	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	Не более 10^4	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
<i>Klebsiella oxytoca</i>	Не более 10^4	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
<i>Candida</i> spp.	Не более 10^4	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
<i>Staphylococcus aureus</i>	Не более 10^4	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
<i>Escherichia coli</i> enteropathogenic	Не более 10^4	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
<i>Enterococcus</i> spp.	Не более 10^8	Менее 10^5	$8 \cdot 10^7$	$6 \cdot 10^7$
<i>Bacteroides thetaiotaomicron</i>	$10^9 - 10^{12}$	Не обнаружено	$2 \cdot 10^{11}$	$4 \cdot 10^{11}$
<i>Akkermansia muciniphila</i>	Не более 10^{11}	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
<i>Clostridium difficile</i>	Отсутствует	Не обнаружено	$9 \cdot 10^{10}$	10^{10}
<i>Clostridium perfringens</i>	Отсутствует	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
<i>Proteus</i> spp.	Не более 10^4	Не обнаружено	$9 \cdot 10^{11}$	$2 \cdot 10^{12}$
<i>Enterobacter</i> spp. / <i>Citrobacter</i> spp.	Не более 10^4	Не обнаружено	$7 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^7$
<i>Fusobacterium nucleatum</i>	Отсутствует	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено
<i>Parvimonas micra</i>	Отсутствует	Не обнаружено	$7 \cdot 10^8$	$2 \cdot 10^9$
<i>Salmonella</i> spp.	Отсутствует	Не обнаружено	$2 \cdot 10^5$	Не обнаружено
<i>Shigella</i> spp.	Отсутствует	Не обнаружено	Не обнаружено	Не обнаружено

Заключение. Таким образом, добавление в рацион овец комплексного средства «Модисорб плюс», на основе эссенциальных элементов, серосодержащей аминокислоты, адаптогенов и сорбента нормализует показатели неспецифической резистентности, а также предотвращает

развитие патогенной микрофлоры. При воздействии тяжелых металлов на организм овец происходило снижение фагоцитарной активности на 34 %, фагоцитарного числа на 54 %, фагоцитарного индекса на 49 % и фагоцитарной емкости на 24 % по сравнению с контролем. При добавлении в рацион комплексного средства «Модисорб плюс» наблюдалось менее выраженное угнетение показателей фагоцитоза, чем у овец второй группы. Также отмечено, что в опытной группе овец, получавших кадмий и свинец, содержание *Clostridium difficile*, *Proteus spp.*, *Enterobacter spp.* / *Citrobacter spp.*, *Parvimonas micra* было больше, чем в группе 3, получавших кадмий и свинец в тех же дозах, что и в группе два, но с добавлением разработанного рецепта кормовой добавки.

Финансирование исследования. Работа выполнена в соответствии с Государственным заданием по теме: 1-3 «Разработка комплекса препаратов на основе сорбентов, адаптогенов и микроэлементов для коррекции последствий токсикозов животных, патологий печени и обмена веществ».

Список источников

1. Сизенцов, Я. А. Геохимические характеристики содержания свинца на территории Оренбургской области и оценка его влияния на микробиоту кишечника животных / Я. А. Сизенцов, В. И. Сальникова, Е. В. Сальникова, А. Н. Сизенцов, Е. Ю. Исайкина // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. - 2018. - № 6 (74). - С. 142-145.
2. Бокова Т. И. Экологические основы инновационного совершенствования пищевых продуктов: монография / Новосиб. госуд. аграр. ун-т, СибНИИ переработки с.-х. продукции. Новосибирск: Изд-во НГАУ, 2011. - 284 с.
3. Кадиков, И. Р. Применение янтарной кислоты и бентонита при сочетанном отравлении животных экотоксикантами / И. Р. Кадиков // Ветеринарный врач. – 2015. – № 2. – С. 32-35.
4. Верещак, Н. А. Сравнительная характеристика показателей неспецифической резистентности животных на экологически неблагополучных территориях / Н. А. Верещак, О. Ю. Опарина // БИО. – 2018. – № 11(218). – С. 35-37.
5. Динамика накопления тяжелых металлов в плодах и плаценте крупного рогатого скота при техногенном загрязнении / И. А. Шкуратова, Л. Н. Аристархова, А. А. Малыгина, О. А. Виноградова // Научные основы профилактики и лечения болезней животных: сборник науч. трудов. Екатеринбург, 2005. - С. 574–578.
6. Davidson T., Ke Q., Costa M. Transport of Toxic Metals by Molecular/Ionic Mimicry of Essential Compounds. – In: Handbook on the toxicology of metals / ed. By G. F. Nordberg et all. 3-d ed. Acad. Press. – London/New York/Tokyo, - 2007. - pp. 79–84.
7. Paul W. E. Bridging Innate and adaptive Immunity // Cell. – 2011. – Vol. 147. – P.1212–1215.
8. Paules I. T. A novel family of ubiquitous heavy metal ion transport protein / I. T. Paules, M. Saier // Journal of Membre Biology. – 2004. – Vol. 156. – № 5. – P. 99—103.
9. Герман, А. М. Коррекция показателей неспецифической резистентности больных гастроэнтеритом цыплят в условиях техногенного прессинга / А. М. Герман, Н. Ф. Уфимцева // Ветеринарный врач. – 2010. – № 1. – С. 33-35.
10. Мишина Н.Н. Сравнительная оценка сорбционных материалов для удаления трихотецинов / Н. Н Мишина, Э. И. Семенов, Д. В. Алеев, М. А. Ерохондина, А. Р. Валиев. // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана. – 2023. – Т. 254. – № 2. – С. 174-179.
11. Куршакова, Е.И. Применение комплексного препарата на основе модифицированного бентонита при контаминации кормов токсичными элементами / Е. И. Куршакова, И. Р. Кадиков, Д. Р. Сагдеев, Э.К. Рахматуллин, И.Ф. Вафин, А.А. Корчемкин, Е.Н. Майорова // Ветеринарный врач. – 2025. – № 2. – С. 49-54.

References

1. Sizentsov Ya. A. Geochemical characteristics of lead content in the Orenburg region and assessment of its effect on the intestinal microbiota of animals / Ya. A. Sizentsov, V. I. Salnikova, E. V. Salnikova,

- A. N. Sizentsov, E. Y. Isaikina // Proceedings of the Orenburg State Agrarian University. - 2018. - № 6 (74). - Pp. 142-145.
2. Bokova T. I. Ecological foundations of innovative improvement of food products: monograph / Novosibirsk. the state. an agrarian. Uni-t, Siberian Research Institute of Agricultural Products Processing. Novosibirsk: NGAU Publishing House, 2011. 284 p.
 3. Kadikov, I. R. The use of succinic acid and bentonite in combined poisoning of animals with ecotoxicants / I. R. Kadikov // Veterinarian. 2015. No. 2. pp. 32-35.
 4. Vereshchak, N. A. Comparative characteristics of indicators of nonspecific resistance of animals in ecologically unfavorable territories / N. A. Vereshchak, O. Y. Oparina // BIO. – 2018. – № 11(218). – Pp. 35-37.
 5. Dynamics of accumulation of heavy metals in fetuses and placenta of cattle under anthropogenic pollution / I. A. Shkuratova, L. N. Aristarkhova, A. A. Malygina, O. A. Vinogradova // Scientific foundations of prevention and treatment of animal diseases: collection of scientific papers. Yekaterinburg, 2005. - pp. 574-578.
 6. Davidson T., Ke Q., Costa M. Transport of Toxic Metals by Molecular/Ionic Mimicry of Essential Compounds. – In: Handbook on the toxicology of metals / ed. By G. F. Nordberg et all. 3-d ed. Acad. Press. – London/New York/Tokyo, - 2007. - pp. 79–84.
 7. Paul W. E. Bridging Innate and adaptive Immunity // Cell. – 2011. – Vol. 147. – P.1212–1215.
 8. Paules I. T. A novel family of ubiquitous heavy metal ion transport protein / I. T. Paules, M. Saier // Journal of Membre Biology. – 2004. – Vol. 156. – No. 5. – P. 99-103.
 9. Gertman, A.M. Correction of indicators of nonspecific resistance of chickens with gastroenteritis under conditions of technogenic pressure / A.M. Gertman, N. F. Ufimtseva // Veterinarian. – 2010. – No. 1. – pp. 33-35.
 10. Mishina N.N. Comparative evaluation of sorption materials for the removal of trichothecenes / N. N. Mishina, E. I. Semenov, D. V. Aleev, M. A. Erokhondina, A. R. Valiev. // Scientific notes of the Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N.E. Bauman. – 2023. – Vol. 254. – No. 2. – pp. 174-179.
 11. Kurshakova, E.I. The use of a complex preparation based on modified bentonite for contamination of feed with toxic elements / E. I. Kurshakova, I. R. Kadikov, D. R. Sagdeev, E.K. Rakhmatullin, I.F. Vafin, A.A. Korchemkin, E.N. Mayorova // Veterinarian. – 2025. – No. 2. – pp. 49-54.

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы подтверждают отсутствие конфликта финансовых/нефинансовых интересов, связанных с написанием статьи.

All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication.

The authors declare that there is no conflict of interest.

Принята к публикации / accepted for publication 28.05.2025;

© Сагдеев Д.Р., Кадиков И.Р., Куршакова Е.И., Осянин К.А., Корчемкин А.А., Майорова Е.Н., Потапова С.Н. 2025