

УДК 619:591.1:549.67:664.7

DOI 10.30914/2411-9687-2022-8-2-166-172

**ИЗУЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЦЕОЛИТА И СВЧ-ОБРАБОТКИ ЗЕРНА,  
ПОРАЖЕННОГО МИКОТОКСИНАМИ, НА БЕЛЫХ КРЫСАХ****Л. Ф. Якупова<sup>1</sup>, Э. К. Папуниди<sup>1</sup>, С. Ю. Смоленцев<sup>2</sup>**<sup>1</sup> Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана,  
г. Казань, Российская Федерация<sup>2</sup> Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола, Российская Федерация

**Аннотация. Введение.** Проблема микотоксикозов животных является особенностью интенсивного животноводства и кормопроизводства. В настоящее время существует широкий спектр способов понижения содержания микотоксинов в зерне, в т.ч. сверхвысокочастотная обработка (СВЧ). **Цель:** изучение влияния зерна, содержащего микотоксины и подвергнутого СВЧ-обработке, с целью понижения микотоксикологической нагрузки кормов, в сочетании с цеолитом и отдельно на организм лабораторных животных. **Материалы и методы.** В эксперименте было использовано 60 самок белых крыс породы Wistar разделенных на 6 групп по 10 особей в каждой. Из шести групп опытных животных три были контрольные: 1-ая – контрольная группа – получала основной рацион, состоящий из зерна ячменя из расчета 30 г на каждое животное; 2-ая – положительно контрольная, которая к основному рациону получала цеолит в количестве 3 % от основного рациона, и 3-ая – отрицательно контрольная, получавшая корм, содержащий Т-2 токсин и охратоксин А в количестве 0,1 и 0,053 мг/кг соответственно. Кроме того, были 3 опытные группы животных: 4-ая – получала токсичный корм, подвергнутый СВЧ-обработке при частоте 915 ГГц и мощности 50 кВт в течение 90 с, 5-ая опытная группа получала корм, содержащий микотоксины и цеолит в количестве 3 % от основного рациона и 6-ая опытная группа получала корм, содержащий микотоксины и подвергнутый СВЧ-обработке, и цеолит в количестве 3 %. Эксперимент длился 30 дней. **Результаты исследований.** Полученные результаты свидетельствуют, что СВЧ-обработка токсичного зерна и его скармливание отдельно и в сочетании с цеолитом снижает токсическое действие токсинов, содержащихся в кормах. **Выводы.** СВЧ-обработка токсичного зерна и его скармливание отдельно и в сочетании с цеолитом лабораторным животным способствует сохранению прироста живой массы и положительно влияет на гематологические показатели лабораторных животных.

**Ключевые слова:** микотоксины, корма, СВЧ-обработка, цеолит, крысы, живая масса, кровь

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Якупова Л. Ф., Папуниди Э. К., Смоленцев С. Ю. Изучение эффективности цеолита и СВЧ-обработки зерна, пораженного микотоксинами, на белых крысах // Вестник Марийского государственного университета. Серия «Сельскохозяйственные науки. Экономические науки». 2022. Т. 8. № 2. С. 166–172. DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2022-8-2-166-172>

**STUDY THE EFFECTIVENESS OF ZEOLITE AND MICROWAVE TREATMENT OF GRAIN AFFECTED  
BY MYCOTOXINS ON WHITE RATS****L. F. Yakupova<sup>1</sup>, E. K. Papunidi<sup>1</sup>, S. Yu. Smolentsev<sup>2</sup>**<sup>1</sup> Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman, Kazan, Russian Federation<sup>2</sup> Mari State University, Yoshkar-Ola, Russian Federation

**Abstract. Introduction.** The problem of mycotoxicosis of animals is a feature of intensive animal husbandry and feed production. Currently, there is a wide range of ways to reduce the content of mycotoxins in grain, including ultra-high-frequency processing (microwave). **Purpose:** to study the effect of grain containing mycotoxins and subjected to microwave treatment, in order to reduce the mycotoxicological load of feed, in combination with zeolite and separately on the body of laboratory animals. **Materials and methods.** In the experiment, 60 female white Wistar rats were used, divided into 6 groups of 10 individuals each. Of the six groups of experimental animals, three were control animals: the 1st – control group – received a basic diet consisting of barley grain at the rate of 30 g per animal; the 2nd – positive control group, which received zeolite in the amount of 3 % of the main diet, and the 3rd – negative control group, which received feed containing T-2 toxin and ochratoxin A

in the amount of 0.1 and 0.053 mg/kg, respectively. In addition, there were 3 experimental groups of animals: the 4th group received toxic feed subjected to microwave treatment at a frequency of 915 GHz and a power of 50 kW for 90 seconds, the 5th experimental group received feed containing mycotoxins and zeolite in an amount of 3 % of the basic diet and the 6th experimental group received feed containing mycotoxins and subjected to microwave treatment, and zeolite in an amount of 3 %. The experiment lasted 30 days. **Research results, discussion.** The results obtained indicate that microwave treatment of toxic grain and its feeding alone and in combination with zeolite reduces the toxic effect of toxins contained in feed. **Conclusions.** Microwave treatment of toxic grain and its feeding separately and in combination with zeolite to laboratory animals contributes to the preservation of live weight gain and positively affects the hematological parameters of laboratory animals.

**Keywords:** mycotoxins, feed, microwave treatment, zeolite, rats, live weight, blood

The authors declare no conflict of interests.

**For citation:** Yakupova L. F., Papunidi E. K., Smolentsev S. Yu. Study the effectiveness of zeolite and microwave treatment of grain affected by mycotoxins on white rats. *Vestnik of the Mari State University. Chapter "Agriculture. Economics"*, 2022, vol. 8, no. 2, pp. 166–172. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30914/2411-9687-2022-8-2-166-172>

## Введение

От качества производимого и получаемого в результате обработки зерна зависит качество пищевых продуктов, поступающих на наш рынок. Особенностью интенсивного животноводства и кормопроизводства является проблема микотоксикозов животных [8]. Микотоксикозы – заболевания, вызываемые не самим грибом, а токсичным метаболитом – микотоксином [4]. Микотоксины – наиболее опасные контаминанты кормов и пищевых продуктов в естественных условиях [3]. Корма и пищевые продукты, содержащие микотоксины, оказывают неблагоприятное влияние на здоровье сельскохозяйственных животных, тем самым наносят огромный экономический ущерб [4; 10]. Микотоксины поступают в организм животных с кормом, в организм человека – через пищевые цепи с продуктами растительного и животного происхождения [5].

Известно, что при скармливании кормов, загрязненных микотоксинами в естественных условиях, токсический эффект бывает выражен сильнее, чем в экспериментальных условиях при поступлении эквивалентного количества чистого микотоксина. Такое явление объясняется синергетическим эффектом нескольких микотоксинов, одновременно загрязняющих корм [5; 6].

Многие микотоксины обладают высокой устойчивостью к воздействию физико-химических факторов и не разрушаются даже при длительной термообработке корма, контаминированного микотоксинами. В настоящее время существует широкий спектр способов понижения содержания микотоксинов в зерне [1; 6; 7;

12]. Наиболее привлекательными с точки зрения экологии и возможности встраивания в технологические линии послеуборочной обработки зерна являются электрофизические способы [9; 11].

Одним из эффективных электрофизических методов разрушения токсинов в кормах является сверхвысокочастотная обработка (СВЧ), которая позволяет дополнительно избавиться от нежелательной микрофлоры [2; 9] и повысить кормовую ценность обработанного сырья или готового корма.

В связи с этим целью исследований стало изучение влияния зерна, содержащего микотоксины и подвергнутого СВЧ-обработке для понижения микотоксикологической нагрузки кормов, в сочетании с цеолитом и отдельно на организм лабораторных животных.

## Объекты и методы исследований

В эксперименте было использовано 60 самок белых крыс породы Wistar 10-недельного возраста. Животные содержались в виварии Казанской государственной академии ветеринарной медицины имени Н. Э. Баумана. Условия содержания всех опытных животных были одинаковыми. Крысы имели свободный доступ к водопроводной воде и используемым кормам. В течение всего периода эксперимента находились под наблюдением.

Для достижения намеченной цели по принципу пар-аналогов было сформировано 6 групп по 10 особей в каждой. Из шести групп опытных животных три были контрольные: 1-ая – контрольная группа – получала основной рацион, состоящий из зерна ячменя, из расчета 30 г на каждое животное; 2-ая – положительно

контрольная, которая к основному рациону получала цеолит в количестве 3 % от основного рациона, и 3-ая – отрицательно контрольная, получавшая корм, содержащий Т-2 токсин и охратоксин А в количестве 0,1 и 0,053 мг/кг соответственно.

Кроме того, были 3 опытные группы животных: 4-ая – получала токсичный корм, подвергнутый СВЧ-обработке при частоте 915 ГГц и мощности 50 кВт в течение 90 сек, 5-ая опытная группа получала корм, содержащий микотоксины и цеолит в количестве 3 % от основного рациона, и 6-ая опытная группа получала корм, содержащий микотоксины и подвергнутый СВЧ-обработке, и цеолит в количестве 3 %. Эксперимент длился 30 дней. Ежедневно оценивалось общее клиническое состояние животных, поедаемость кормов и реакция на внешние раздражители, акты мочеиспускания и дефекации.

Перед началом опыта и каждые пять дней животные взвешивались перед утренним кормлением. Кровь для определения морфологического

состава брали из сосудов хвоста до кормления в начале и в конце опыта. Исследования крови проводили с помощью гематологического анализатора Mindray BC-2800 VET.

#### Результаты исследования и их обсуждение

На 5 сутки после начала опыта значительных изменений не отмечалось во всех шести группах, через 10 суток наблюдалось увеличение живой массы тела животных контрольных групп на 5; 7,5 и 3,7 % соответственно. В опытных группах также увеличилась живая масса на 2,3 и 3,1 %.

К 15 суткам эксперимента было зарегистрировано повышение показателя живой массы во всех группах, за исключением третьей, в которой наблюдалось снижение показателя практически до исходных значений. В опытных группах увеличение живой массы по сравнению с фоновыми значениями составило на 5,7; 8 и 7,7 %. В контрольных группах, за исключением 3-й, живая масса была выше фоновых значений на 9,6 и 13 % (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

Росто-весовые показатели подопытных лабораторных животных /  
Height and weight indicators of experimental laboratory animals

Группы опыта / Experimental groups	Период исследования / Research period						
	фон / background values	5 сут./ 5 days	10 сут./ 10 days	15 сут./ 15 days	20 сут./ 20 days	25 сут./ 25 days	30 сут./ 30 days
1 – контрольная	221,7±9,3	227,8±8,8	233,0±8,4	243,0±9,0	254,0±7,8	261,6±8,8	267,0±9,2
2 – положительно контрольная	220,0±8,7	226,5±9,6	236,5±7,4	248,7±9,7	260,1±9,3	271,9±9,1	283,2±9,5
3 – отрицательно контрольная	223,8±9,2	226,2±8,7	232,0±9,3	224,9±8,2	198,8±9,7	186,8±8,4	182,6±9,2
4 – опытная	225,3±8,7	227,8±7,1	230,7±9,8	238,2±9,8	241,7±9,4	229,8±8,9	232,7±8,6
5 – опытная	221,2±9,2	224,3±8,6	228,1±8,0	239,0±7,3	242,2±9,1	232,9±9,2	234,9±8,4
6 – опытная	223,2±5,6	226,3±7,2	230,2±7,0	240,5±7,1	243,9±7,8	238,7±7,4	241,9±7,8

Через 20 суток тенденция увеличения живой массы в контрольных группах, за исключением 2-й, а также в опытных, продолжилась. Однако, стоит отметить, что в 1-й и во 2-й группах живая масса подопытных животных была выше, чем в 4-й, 5-й и 6-й группах на 5; 7,3 и 4,1 % и 7,6; 7,4 и 6,6 %. Во 3-й группе животных живая масса к 20 дню понизилась на 11,2 %.

Через 25 суток регистрировалось некоторое снижение живой массы во всех группах, за исключением 1-й и 2-й, в которых живая масса животных была выше исходных на 18 и 23 %. В 3-ей

контрольной группе живая масса продолжала понижаться, и разница с предыдущим значением составила 6 %. В 4-й, 5-й и 6-й группах живая масса животных понизилась на 5; 3,8 и 2,1 %.

В конце опыта (через 30 дней) средняя масса крыс во всех группах опыта, кроме 3-й, была выше исходных на 20; 28,7; 3,2; 6,2 и 8,4 %. В 3-й группе средняя живая масса была ниже исходных данных на 18,4 %. Более того, у животных этой группы на 15 сутки были зарегистрированы первые признаки интоксикации, проявляющиеся пугливостью, повышенной

жаждой на фоне снижения аппетита. Кроме того, у животных был слегка взъерошенный шерстный покров без типичного блеска. В 4–6-й группах животных признаки микотоксикоза были не выражены. У животных контрольных групп изменений не наблюдалось. Стоит отметить, что средний вес крыс опытных групп к концу опыта был выше, чем вес животных 3-й группы (отрицательный контроль) на 27,4; 28,6 и 32,5 %. Расчет прироста живой массы опытных животных закономерно отражал благоприятное влияние СВЧ-обработки зерна и цеолита (рисунок). Обогащение рациона крыс цеолитом и вскармливание им зерна, пораженного микотоксинами и подвергнутого СВЧ-обработке, способствовало сохранению прироста их массы на 15 сутки до 1,5–2,18 г, в то время как в 3-й группе (отрица-

тельный контроль) наблюдалась потеря массы тела животных.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что СВЧ-обработка зерна, содержащего микотоксины, и его скармливание отдельно и в сочетании с цеолитом снижает токсическое действие токсинов, содержащихся в кормах, что проявляется сохранением прироста живой массы.

Для оценки эффективности воздействия СВЧ-обработки зерна и цеолита на степень детоксикации кормов у опытных животных был изучен морфологический состав крови подопытных животных в начале и в конце опыта.

Результаты гематологических исследований подопытных животных в начале опыта не имели достоверной разницы между группами и не выходили за рамки физиологической нормы (табл. 2).

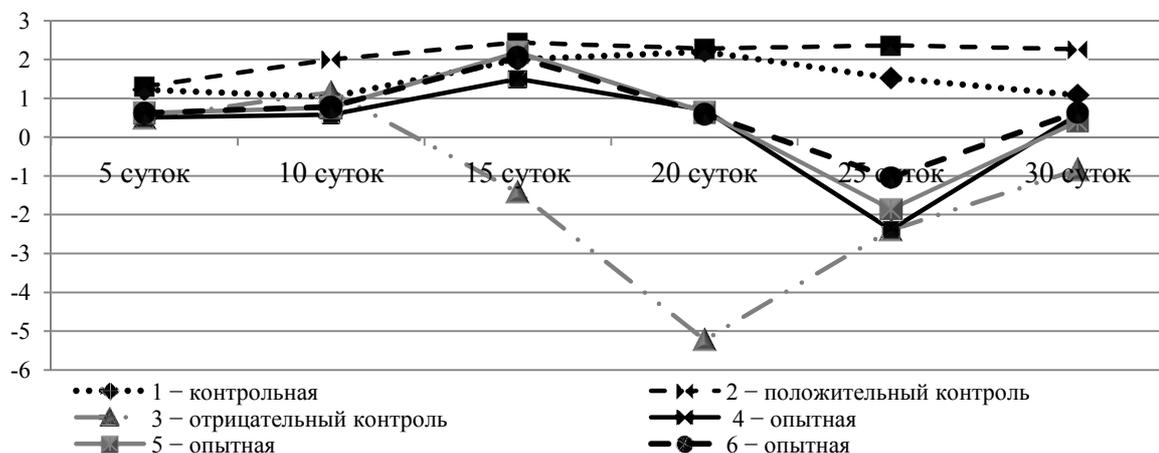


Рис. Среднесуточный прирост подопытных животных / Fig. Average daily weight gain of experimental animals

Таблица 2 / Table 2

Гематологические показатели подопытных лабораторных животных /  
Hematological parameters of experimental laboratory animals

Группы опыта / Experimental groups	Показатель / Indicator							
	В начале опыта / At the beginning of the experiment				В конце опыта / At the end of the experiment			
	Эритроциты, $10^{12}/л$	Гемоглобин, г/л	Лейкоциты, $10^9/л$	СОЭ, мм/час	Эритроциты, $10^{12}/л$	Гемоглобин, г/л	Лейкоциты, $10^9/л$	СОЭ, мм/час
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 – контрольная	8,08±0,1	155,3±3,3	12,5±2,1	1,0±0,7	8,38±0,3	157±2,1	12,8±2,3	1,0±0,7
2 – положительно контрольная	8,12±0,1	156,7±2,3	12,6±2,1	1,0±0,7	9,1±0,8	172±8,4	13,9±3,1	1,0±0,7

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3 – отрицательно контрольная	7,9±0,1	158±1,4	12,9±2,4	1,0±0,7	5,4±1,7	92±48,0	8,6±0,6	3,3±0,8
4 – опытная	8,2±0,2	157,3±1,9	12,7±2,2	1,0±0,7	6,26±1,1	99,6±42,7	9,15±0,2	2,6±0,3
5 – опытная	8,10±0,1	155,7±3,0	12,5±2,1	1,0±0,7	7,1±0,5	108,6±36,3	9,9±0,2	2,1±0,0
6 – опытная	8,0±0,07	155,8±2,9	12,4±2,0	1,0±0,7	7,5±0,2	114,6±32,1	10,2±0,4	1,7±0,2

К концу опыта в 1-й и во 2-й группах наблюдалась положительная динамика, особенно это сильно проявлялось во 2-й группе. Так, количество эритроцитов, лейкоцитов и гемоглобина в этой группе к концу опыта повысилось на 12, 10 и 9,7 %; в 1-й группе разница с фоновыми показателями составила – 3,7; 2,4 и 1,1 %.

В группах опыта с 3-й по 6-ую наблюдалась отрицательная динамика в гематологических показателях. Наиболее ярко это проявлялось в 3-й группе (отрицательный контроль). Так, количество эритроцитов, лейкоцитов и гемоглобина к концу опыта понизилась на 31,6; 33 и 41,8 %, а показатель СОЭ повысился в три раза.

В опытных группах с 4-й по 6-ую также наблюдалось понижение количества эритроцитов на 23,6; 12,3 и 6,25 %; лейкоцитов – на 28; 20,8 и 17,7 %; гемоглобина – на 36,7; 30,2 и 26,4 %. Однако стоит отметить, что эти изменения были не такими значительными, как в 3-й группе, причем наименьшее понижение в показателях крови наблюдалось в 6-й группе.

Относительно аналогичных данных в показателях крови крыс 1-й контрольной группы содержание эритроцитов в крови животных с 4-й по 6-ую опытных групп было ниже на 25,3; 15,3 и 10,5 %; лейкоцитов – на 28,5; 22,6 и 20,3 %; гемоглобина – на 36,5; 30,8 и 27 %.

Однако при сравнении с аналогичными данными в 3-й контрольной группе (отрицательный

контроль) содержание эритроцитов было выше на 16; 31,5 и 38,9 %; лейкоцитов – на 6,4; 15,1 и 18,6 %; гемоглобина – на 8,3; 18 и 24,5 %. Показатель СОЭ был ниже, чем в 3-й группе – на 21,2; 36,4 и 48,5 %.

### Заключение

На основании полученных данных можно сделать заключение, что применение электрофического способа обезвреживания токсинов в кормах, как СВЧ-обработка и применение цеолита, понижают токсическое действие микотоксинов на организм лабораторных животных. Причем наилучший эффект наблюдается при совместном использовании СВЧ-обработки зерна, пораженного микотоксином, и использования сорбента.

### Выводы:

1. СВЧ-обработка токсичного зерна и его скармливание отдельно и в сочетании с цеолитом лабораторным животным улучшает весовые показатели и способствует сохранению прироста живой массы.

2. Скармливание лабораторным животным корма, содержащего микотоксины и подвергнутого СВЧ-обработке, снижает токсическое действие токсинов, что проявляется положительным влиянием на гематологические показатели лабораторных животных, а цеолит, используемый как адсорбент, улучшает антитоксический эффект.

1. Брагинец С. В., Бахчевников О. Н. Физические методы снижения содержания микотоксинов в кормах и их применение в комбикормовой промышленности (обзор) // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021. Т. 22. № 1. С. 32–46. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.1.32-46>

2. Королев А. А., Тюрина С. С., Тришканева М. В. Анализ применения микроволнового излучения в технологиях стерилизации растительного сырья // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2019. № 3. С. 81–91. DOI: <https://doi.org/10.17586/2310-1164-2019-12-3-81-91>

3. Матросова Л. Е., Семенов Э. И., Танасева С. А., Смоленцев С. Ю. Ветеринарно-санитарная экспертиза мяса свиней при афлатоксикозе // Мясная индустрия. 2015. № 5. С. 51–52. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23725493> (дата обращения: 25.05.2022).

4. Мишина Н. Н., Семёнов Э. И., Папуниди К. Х. Применение конъюгата Т-2 токсина с полилизинном для обнаружения Т-2 токсина в конкурентном ИФА // Ветеринарный врач. 2017. № 4. С. 33–40. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-konyugata-t-2-toksina-s-polilizinom-dlya-obnaruzheniya-t-2-toksina-v-konkurentnom-ifa> (дата обращения: 25.05.2022).

5. Папуниди К. Х., Трмасов М. Я., Фисинин В. И., Никитин А. И., Семенов Э. И. Микотоксины (в пищевой цепи): монография. 2-е изд., перераб. и доп. Казань : ФЦТРБ-ВНИВИ, 2017. 188 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32839807> (дата обращения: 16.05.2022).
6. Папуниди К. Х., Никитин А. И., Семенов Э. И., Егоров В. И., Степанов В. И., Закирова Г. Ш. Кормовые отравления и токсикоинфекции животных. Казань : ФЦТРБ-ВНИВИ, 2018. 212 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38223015> (дата обращения: 28.05.2022).
7. Папуниди К. Х., Кадилов И. Р., Бикташев Р. У., Гатауллин Д. Х. Применение сорбентов для профилактики нарушения обмена веществ и токсикозов животных. Казань: ФЦТРБ-ВНИВИ, 2018. 224 с. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37351555> (дата обращения: 28.05.2022).
8. Семенова С. А., Потехина Р. М., Семенов Э. И. [и др.] Оценка токсичности кормов по регионам Российской Федерации // Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана. 2015. Т. 224. С. 196–199. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24502249> (дата обращения: 28.05.2022).
9. Соболева О. М., Колосова М. М., Филипович Л. А. Электрофизический способ снижения количества микотоксинов в концентрированных кормах // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 4. С. 60–66. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10416>
10. Штыров И. Н., Семёнов Э. И., Матросова Л. Е., Танасева С. А., Тарасова Е. Ю., Мишина Н. Н. Аналитика данных распространения Т-2 токсина в Республике Татарстан // Международный вестник ветеринарии. 2021. № 1. С. 167. URL: <https://vetjournal.spbguvm.ru/jour/article/view/628> (дата обращения: 09.05.2022).
11. Vasilyev A. A., Ospanov A. B., Budnikov D. A., Karmanov D. K., Salginbayev D. B., Vasilyev A. A Controlling reactions of biological objects of agricultural production with the use of electrotechnology // International Journal of Pharmacy & Technology. Dec. 2016. Vol. 8. No. 4. С. 26855–26869.
12. Matrosova L., Tanaseva S., Tarasova E., Mishina N., Ermolaeva O., Valiev A., Potekhina R., Sagdeeva Z., Sagdeev D., Tremasova A., Erochondina M., Semenov E. Zeolite, hepatoprotector and probiotic for aflatoxicosis in pigs // International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (IJMPERD). 2020. Vol. 10. Pp. 7053–7060.

*Статья поступила в редакцию 31.05.2022 г.; одобрена после рецензирования 17.06. 2022 г.; принята к публикации 29.06.2022 г.*

## Об авторах

### Якупова Лейсан Файзулловна

кандидат биологических наук, доцент кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы, Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана (420029, Российская Федерация, г. Казань, ул. Сибирский Тракт, д. 35), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3083-0622>, [ley.san.1975@mail.ru](mailto:ley.san.1975@mail.ru)

### Папуниди Эллада Константиновна

доктор биологических наук, профессор кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы, Казанская государственная академия ветеринарной медицины им. Н. Э. Баумана (420029, Российская Федерация, г. Казань, ул. Сибирский Тракт, д. 35), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8030-7894>, [rapunidi\\_kki@mail.ru](mailto:rapunidi_kki@mail.ru)

### Смоленцев Сергей Юрьевич

доктор биологических наук, доцент, профессор кафедры технологии производства продукции животноводства, Марийский государственный университет (424000, Российская Федерация, г. Йошкар-Ола, пл. Ленина, д. 1), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6086-1369>, [Smolentsev82@mail.ru](mailto:Smolentsev82@mail.ru)

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

1. Braginets S. V., Bakhchevnikov O. N. Fizicheskie metody snizheniya soderzhaniya mikotoksinov v kormakh i ikh primeneniye v kombikormovoi promyshlennosti (obzor) [Physical methods of mycotoxin content reduction in feeds and application of them in the compound feed industry (review)]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East, 2021, no. 22 (1), pp. 32–46. (In Russ.). (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.1.32-46>
2. Korolev A. A., Tyurina S. S., Trishkaneva M. V. Analiz primeneniya mikrovolnovogo izlucheniya v tekhnologiyakh sterilizatsii rastitel'nogo syr'ya [The application of microwave radiation for sterilization of plant raw materials]. *Nauchnyi zhurnal NIU ITMO. Seriya "Protessy i apparaty pishchevykh proizvodstv"* = Processes and Food Production Equipment, 2019, no. 3, pp. 81–91. (In Russ.). DOI: [10.17586/2310-1164-2019-12-3-81-91](https://doi.org/10.17586/2310-1164-2019-12-3-81-91).
3. Matrosova L. E., Semenov E. I., Tanaseva S. A., Smolentsev S. Yu. Veterinarno-sanitarnaya ekspertiza myasa svinei pri aflatoksikoze [Veterinary-sanitary expertise of pig meat at aflatoxicosis]. *Myasnaya industriya* = Meat Industry, 2015, no. 5, pp. 51–52. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23725493> (accessed 25.05.2022). (In Russ.).

4. Mishina N. N., Semenov E. I., Papunidi K. Kh. Primenenie kon'yugata T-2 toksina s polilizinom dlya obnaruzheniya T-2 toksina v konkurentnom IFA [Application of T-2 toxin conjugate with polylysine for detection of T-2 toxin using competitive ELISA]. *Veterinarnyi vrach = The Veterinarian*, 2017, no. 4, pp. 33–40. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-konyugata-t-2-toksina-s-polilizinom-dlya-obnaruzheniya-t-2-toksina-v-konkurentnom-ifa> (accessed 25.05.2022). (In Russ.).
5. Papunidi K. Kh., Tremasov M. Ya., Fisinin V. I., Nikitin A. I., Semenov E. I. Mikotoksiny (v pishchevoi tsepi): monografiya [Mycotoxins (in the food chain): monograph]. 2nd ed., revised and expanded, Kazan, FCTRBS-ARRVI Publ. house, 2017, 188 p. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32839807> (accessed 16.05.2022). (In Russ.).
6. Papunidi K. Kh., Nikitin A. I., Semenov E. I., Egorov V. I., Stepanov V. I., Zakirova G. Sh. Kormovye otravleniya i toksikoinfektsii zhivotnykh: monografiya [Feed poisoning and toxicoinfections of animals: monograph]. Kazan, FCTRBS-ARRVI Publ. house, 2018, 212 p. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=38223015> (accessed 28.05.2022). (In Russ.).
7. Papunidi K. Kh., Kadikov I.R., Biktashev R.U., Gataullin D.Kh. Primenenie sorbentov dlya profilaktiki narusheniya obmena veshchestv i toksikozov zhivotnykh: monografiya [The use of sorbents for the prevention of metabolic disorders and toxicosis in animals: monograph]. Kazan, FCTRBS-ARRVI Publ. house, 2019, 224 p. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=37351555> (accessed 28.05.2022). (In Russ.).
8. Semenova S. A., Potekhin R. M., Semenov E.I., Valiev A.R., Mishina N.N., Khusainov I.T. Otsenka toksichnosti kormov po regionam Rossiiskoi Federatsii [Toxicity evaluation of fodder from various regions of the Russian Federation]. *Uchenye zapiski Kazanskoi gosudarstvennoi akademii veterinarnoi meditsiny im. N. E. Baumana = Scientific Notes of Kazan Bauman State Academy of Veterinary Medicine*, 2015. vol. 224, no. 4, pp. 196–199. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=24502249> (accessed 28.05.2022). (In Russ.).
9. Soboleva O. M., Kolosova M. M., Filipovich L. A. Elektrofizicheskii sposob snizheniya kolichestva mikotoksinov v kontsentrirrovannykh kormakh [Electrophysical method of reducing the amount of mycotoxins in concentrated feed]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AIC*, 2019, vol. 33, no. 4, pp. 64–66. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2019-10416>
10. Shtyrov I. N., Semenov E. I., Matrosova L. E., Tanaseva S. A., Tarasova E. Yu., Mishina N. N. Analitika dannykh raspriytraniya T-2 toksina v Respublike Tatarstan [Analytics of T-2 toxin distribution data in the Republic of Tatarstan]. *Mezhdunarodnyi vestnik veterinarii = International Bulletin of Veterinary Medicine*, 2021, no. 1, p. 167. Available at: <https://vetjournal.spbguvm.ru/jour/article/view/628> (accessed 09.05.2022). (In Russ.).
11. Vasilyev A. A., Ospanov A. B., Budnikov D. A., Karmanov D. K., Salginbayev D. B., Vasilyev A. A. Controlling reactions of biological objects of agricultural production with the use of electrotechnology. *International Journal of Pharmacy & Technology*, Dec, 2016, vol. 8, no. 4, pp. 26855–26869. (In Eng.).
12. Matrosova L., Tanaseva S., Tarasova E., Mishina N., Ermolaeva O., Valiev A., Potekhina R., Sagdeeva Z., Sagdeev D., Tremasova A., Erochondina M., Semenov E. Zeolite, hepatoprotector and probiotic for aflatoxicosis in pigs. *International Journal of Mechanical and Production Engineering Research and Development (JMPERD)*, 2020, vol. 10, pp. 7053–7060. (In Eng.).

The article was submitted 31.05.2022; approved after reviewing 17.06.2022; accepted for publication 29.06.2022.

#### About the authors

##### Leysan F. Yakupova

Ph. D. (Biology), Associate Professor of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise, Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman (35 Sibirskiy tract St, Kazan 420029, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3083-0622>, [ley.san.1975@mail.ru](mailto:ley.san.1975@mail.ru)

##### Ellada K. Papunidi

Dr. Sci. (Biology), Professor, Professor of the Department of Veterinary and Sanitary Expertise, Kazan State Academy of Veterinary Medicine named after N. E. Bauman (35 Sibirskiy tract St, Kazan 420029, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8030-7894>, [papynidi\\_kki@mail.ru](mailto:papynidi_kki@mail.ru)

##### Sergey Yu. Smolentsev

Dr. Sci. (Biology), Associate Professor, Professor of the Department of Livestock Production Technology, Mari State University (1 Lenin Sq., Yoshkar-Ola 424000, Russian Federation), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6086-1369>, [Smolentsev82@mail.ru](mailto:Smolentsev82@mail.ru)

All authors have read and approved the final manuscript.