

Научная статья

УДК 619:616.995.132

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2025-19-3-372-384>

## Повышение эффективности дегельминтизации лошадей при стронгилятозах с использованием супрамолекулярных комплексов фенбендазола

Дёмкина Ольга Владимировна<sup>1</sup>, Халиков Марат Салаватович<sup>2</sup>,  
Халиков Салават Самадович<sup>3</sup>, Варламова Анастасия Ивановна<sup>4</sup>,  
Турсунов Талгат Туракунович<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет, Благовещенск, Россия

<sup>2,3</sup> Институт элементоорганических соединений им. А. Н. Несмеянова РАН, Москва, Россия

<sup>4</sup> Всероссийский научно-исследовательский институт фундаментальной и прикладной паразитологии животных и растений – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной ветеринарии имени К. И. Скрябина и Я. Р. Коваленко Российской академии наук» (ВНИИП – фил. ФГБНУ ФНЦ ВИЭВ РАН), Москва, Россия

<sup>5</sup> Кыргызский научно-исследовательский институт ветеринарии им. Арстанбека Дуйшеева, Бишкек, Кыргызская Республика

<sup>1</sup> demkina-olsen@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-9303-4100>

<sup>2</sup> marat1988@ineos.ac.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3014-7383>

<sup>3</sup> khalikov\_ss@ineos.ac.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4736-5934>

<sup>4</sup> arsphoeb@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8364-5055>

<sup>5</sup> talgat68@mail.ru

### Аннотация

**Цель исследований** – получить твердые дисперсии (ТД) фенбендазола (ФБЗ) с поливинилпирролидоном (ПВП), арабиногалактаном (АГ) или экстрактом солодки (ЭС) механохимическими методами; получить соответствующие супрамолекулярные комплексы (СМК) путем растворения ТД в воде и изучить их антигельминтную активность при стронгилезе лошадей; определить их пролонгированное действие по сравнению с базовым препаратом ФБЗ.

**Материалы и методы.** СМК готовили растворением в воде соответствующих ТД ФБЗ и полимерных веществ следующих составов: ФБЗ : ПВП : ЭС (10 : 45 : 45) и ФБЗ : ПВП : АГ (10 : 45 : 45). Исследование полученных СМК проводили на 72 лошадях, инвазированных стронгилятами. Опытных лошадей разделили на две группы ( $n = 42$  и  $n = 30$ ). Животные получали СМК ФБЗ : ПВП : АГ или СМК ФБЗ : ПВП : ЭС в дозах 3 и 5 мг/кг действующего вещества (ДВ) и базовый ФБЗ (7,5 мг/кг по ДВ). Антигельминтный эффект определяли по числу яиц гельминтов в 1 г фекалий (ЧЯГ), снижению числа яиц (СЧЯ, %) и числу вылеченных животных (ЭЭ, %) в течение 105 сут после дегельминтизации. Статистический анализ проводили по критерию Краскела–Уоллиса и Манна–Уитни.

**Результаты и обсуждение.** Спустя две недели после дегельминтизации значение СЧЯ в опытных группах СМК ФБЗ : ПВП : АГ и СМК ФБЗ : ПВП : ЭС достигало 97,92–100%, тогда как в группе положительного контроля, получавшей ФБЗ, – 66,74%. В дальнейшем эффективность снижалась, однако к 15-й неделе в группе СМК ФБЗ : ПВП : АГ (5 мг/кг) сохранялся показатель СЧЯ = 91,14 %, тогда как в группах ФБЗ : ПВП : ЭС (5 мг/кг) и ФБЗ этот показатель составлял 85,19 и 13,78 %, соответственно. Анализ показал статистически значимые различия между СМК ФБЗ и базовым фенбендазолом ( $P < 0,05$ ) в пользу более высокой и длительной антигельминтной эффективности комплексов. Различия между ФБЗ : ПВП : АГ и ФБЗ : ПВП : ЭС на 2-й неделе не выявлены ( $P > 0,05$ ), однако на 8 и 15-й неделях СМК ФБЗ : ПВП : АГ показал лучший антигельминтный эффект ( $P < 0,05$ ).

**Ключевые слова:** фенбендазол, механохимия, поливинилпирролидон, арабиногалактан, экстракт солодки, супрамолекулярный комплекс, стронгилятозы, лошади, дегельминтизация, эффективность

**Благодарности.** Работа по получению препаратов выполнена в рамках Государственного задания № 075-00276-25-00 Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.  
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Дёмкина О. В., Халиков М. С., Халиков С. С., Варламова А. И., Турсунов Т. Т. Повышение эффективности дегельминтизации лошадей при стронгилятозах с использованием супрамолекулярных комплексов фенбендазола // Российский паразитологический журнал. 2025. Т. 19. № 3. С. 372–384.

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2025-19-3-372-384>

© Дёмкина О. В., Халиков М. С., Халиков С. С.,  
Варламова А. И., Турсунов Т. Т., 2025

Original article

## Improving the treatment efficacy in horses against strongylatosis using supramolecular complexes of fenbendazole

Olga V. Demkina<sup>1</sup>, Marat S. Khalikov<sup>2</sup>, Salavat S. Khalikov<sup>3</sup>,  
Anastasia I. Varlamova<sup>4</sup>, Talgat T. Tursunov<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Far Eastern State Agrarian University, Blagoveshchensk, Russia

<sup>2,3</sup> Nesmeyanov Institute of Organoelement Compounds, RAS, Moscow, Russia

<sup>4</sup> All-Russian Scientific Research Institute for Fundamental and Applied Parasitology of Animals and Plant – a branch of the Federal State Budget Scientific Institution "Federal Scientific Centre VIEV", Moscow, Russia

<sup>5</sup> Kyrgyz Scientific Research Institute of Veterinary Medicine named after Arstanbek Duisheev, Bishkek, Kyrgyz Republic

<sup>1</sup> demkina-olsen@mail.ru, <http://orcid.org/0000-0001-9303-4100>

<sup>2</sup> marat1988@ineos.ac.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3014-7383>

<sup>3</sup> khalikov\_ss@ineos.ac.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4736-5934>

<sup>4</sup> arsphoeb@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8364-5055>

<sup>5</sup> talgat68@mail.ru

### Abstract

**The purpose of the research** is to obtain solid dispersions (SD) of fenbendazole (FBZ) with polyvinylpyrrolidone (PVP), arabinogalactan (AG) or licorice extract (LE) using mechanochemical methods; to obtain the corresponding supramolecular complexes (SMC) by dissolving the SD in water and to study their anthelmintic activity against strongylatosis in equines; and to determine their prolonged action versus the basic FBZ preparation.

**Materials and methods.** SMCs were prepared by dissolving in water of the corresponding SD of FBZ and polymeric substances of the following formulations: FBZ : PVP : LE (10 : 45 : 45) and FBZ : PVP : AG (10 : 45 : 45). The obtained SMCs were studied on 72 horses infected with *Strongylata*. The experimental horses were divided into two groups ( $n = 42$ , and  $n = 30$ ). The animals were given the FBZ SMC : PVP : AG or FBZ SMC : PVP : LE at doses of 3 and 5 mg/kg by the active substance (AS) and the basic FBZ (7.5 mg/kg by the AS). The anthelmintic effect was determined by the number of helminth eggs in 1 g of feces (NHE), the reduction in the number of eggs (RNE, %), and the number of cured animals (NCA, %) within 105 days after deworming. Statistical analysis was performed with the Kruskal-Wallis and Mann-Whitney tests.

**Results and discussion.** Two weeks after deworming, the RNE in the experimental groups of SMC FBZ : PVP : AG and SMC FBZ : PVP : LE reached 97.92–100%, and 66.74% in the positive control group that was given FBZ. Subsequently, the efficacy decreased, but by week 15, the SMC FBZ : PVP : AG (5 mg/kg) group remained with the RNE of 91.14%, while this rate was 85.19 and 13.78% in the FBZ : PVP : LE (5 mg/kg) and FBZ groups, respectively. The analysis showed statistically significant differences between FBZ SMC and basic FBZ ( $P < 0.05$ ) in favor of a higher and longer-lasting anthelmintic efficacy of the complexes. Differences between the FBZ : PVP : AG and the FBZ : PVP : LE were not detected at week 2 ( $P > 0.05$ ), however, at weeks 8 and 15, the SMC FBZ : PVP : AG showed better anthelmintic effects ( $P < 0.05$ ).

**Keywords:** fenbendazole, mechanochemistry, polyvinylpyrrolidone, arabinogalactan, licorice extract, supramolecular complex, strongylatosis, horses, deworming, efficacy

**Acknowledgments.** The study to obtain the drugs was conducted within State Task 075-00276-25-00 of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation.

**Conflict of interest.** The authors declare that there is no conflict of interest.

**For citation:** Demkina O. V., Khalikov M. S., Khalikov S. S., Varlamova A. I., Tursunov T. T. Improving the treatment efficacy in horses against strongylatosis using supramolecular complexes of fenbendazole. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2025;19(3):372–384. (In Russ.).

<https://doi.org/10.31016/1998-8435-2025-19-3-372-384>

© Demkina O. V., Khalikov M. S., Khalikov S. S.,  
Varlamova A. I., Tursunov T. T., 2025

## Введение

Бензимидазолы, включая фенбендазол (ФБЗ), долгое время являлись основой антигельминтной терапии. Продолжительное их использование привело к развитию устойчивости гельминтов к антигельминтным препаратам этого класса [14]. Увеличение терапевтической дозы препаратов и кратности введения может еще больше усугубить проблему резистентности. Еще один недостаток ФБЗ – низкая растворимость в воде и ограниченная биодоступность, что делает его применение в высоких дозировках экономически неоправданным при частых применениях [1].

Одним из решений повышения эффективности бензимидазолов является разработка новых лекарственных форм без изменения химической структуры базового вещества [20]. Повышение биодоступности действующих веществ за счет стабилизации их структуры и замедленного высвобождения можно достичь методом технологии механохимической модификации лекарственных субстанций с помощью полимерных веществ [19].

Входящие в состав супрамолекулярных комплексов вещества обладают рядом химических и биологических особенностей, которые позволяют снизить терапевтические дозы и сократить курс лечения. Поливинилпирролидон (ПВП) стабилизирует активные компоненты через водородные связи и гидрофобные взаимодействия [3,16]. Экстракт солодки (ЭС), содержащий глицирризиновую кислоту, обладает мембраностабилизирующими и противовоспалительными свойствами [2]. Арабиногалактан (АГ) повышает биологическую доступность, снижает токсичность, обладает

иммуномодулирующей и гастропротекторной активностью [8]. В составе СМК эти компоненты увеличивают скорость и полноту абсорбции в ЖКТ, обеспечивают более равномерное распределение в организме и более выраженный локальный эффект на нематод, а пролонгированный антигельминтный эффект достигается за счет сохранения активных метаболитов в кровотоке и тканях [2,5].

В испытаниях СМК ФБЗ в дозах 2–4 мг/кг по ДВ при стронгилятозах пищеварительного тракта у крупного рогатого скота и овец показал эффективность до 100% [4, 6]. Для лечения гельминтозов у лошадей применяют СМК ивермектина [9], тогда как терапевтическая эффективность СМК ФБЗ с различными носителями практически неизвестна.

Актуальность текущих исследований СМК подтверждается данными растущей резистентности нематод подсемейства циагостомин к бензимидазолам как в мире [17], так и в РФ [10]. Ранее были выявлены признаки устойчивости к ФБЗ у популяций циагостомин в конных хозяйствах Амурской области [7]. Поэтому было необходимо выяснить влияние усиленной биодоступности и адъювантных свойств СМК ФБЗ с АГ и ЭС при терапии стронгилятозов лошадей.

Целью данного исследования была сравнительная оценка антигельминтной эффективности двух супрамолекулярных комплексов ФБЗ – ФБЗ : ПВП : АГ (с АГ) и ФБЗ : ПВП : ЭС (с ЭС) – в дозах 3 и 5 мг/кг действующего вещества (ДВ) в сравнении с базовым препаратом ФБЗ (7,5 мг/кг ДВ) при стронгилятозах пищеварительного тракта лошадей конноспортивных клубов Амурской области.

## Материалы и методы

Экспериментальные СМК ФБЗ с полимерными веществами (ПВП, АГ, ЭС) получали растворением в воде соответствующих ТД, полученных методами механохимии [12].

Изучение антигельминтной эффективности СМК ФБЗ проводили в период с октября 2024 по январь 2025 г. Объектом исследований служили 72 лошади из двух конюшен. При исследовании использовали СМК ФБЗ с ПВП, ЭС и АГ в дозах 5,0 мг/кг и 3 мг/кг по ДВ и базовый ФБЗ с содержанием 97% активного вещества.

В опыте были использованы лошади конноспортивных клубов, расположенных в г. Благовещенске Амурской области, спонтанно инвазированные стронгилятами. Условно поголовье разделили на два клуба: № 1 и № 2. Ранее было установлено, что циаатостомины, паразитирующие у этих животных, проявляли признаки развивающейся резистентности к антигельминтику ряда бензимидазолов, включая ФБЗ. Предшествующую дегельмин-

тизацию лошадей проводили в апреле 2024 г. Всего в клубе №1 на момент проведения эксперимента содержалось 45 голов, в клубе № 2 – 35 голов. Оценку эффективности антигельминтной терапии проводили по типу «критический тест». Для этого до и после применения препаратов учитывали среднее число выделяемых яиц в 1 г фекалий (ЧЯГ) и снижение числа яиц в фекалиях (СЧЯ,%) согласно руководству [18].

При формировании экспериментальных групп исключали животных возрастом до пяти лет и старше 10. Для проведения опыта № 1 42 лошади были произвольно разделены на три группы по 14 голов, в опыте № 2 30 лошадей разделили на три группы по 10 животных.

В первом опыте две группы животных получали СМК ФБЗ в дозах по 3 мг/кг по ДВ, во втором – две группы животных лечили СМК ФБЗ в дозе 5 мг/кг по ДВ. Третья группа в обоих опытах служила положительным контролем и получала базовый ФБЗ в дозе 7,5 мг/кг по ДВ (табл. 1).

Таблица 1

Состав и лечебные дозы антигельминтных препаратов в опытных группах лошадей

Table 1

Composition and therapeutic doses of anthelmintic drugs in experimental groups of horses

Группа животных, число голов	СМК		Доза ФБЗ, мг/кг, положительный контроль
	ФБЗ : ПВП : АГ, доза по ДВ, мг/кг	ФБЗ : ПВП : ЭС, доза по ДВ, мг/кг	
№ 1, n = 42	3	3	7,5
№ 2, n = 30	5	5	7,5

Препараты СМК ФБЗ и базового ФБЗ давали в утреннее кормление перорально в смеси с увлажненным овсом в дозе согласно живой массе животных.

Наблюдение продолжали в течение 15 недель (105 сут) после дачи лечебных препаратов. Отбор проб фекалий проводили перед лечением и с последующими интервальными промежутками 14 сут после дегельминтизации. Фекалии исследовали флотационным методом с использованием раствора магния сульфата плотностью 1,25 [11]. Идентификацию яиц нематод проводили по атласу [14].

Сравнение данных экспериментальных групп и положительного контроля проводили по методу вариационной статистики в про-

грамме AtteStat. Рассчитывали среднее значение и среднюю ошибку ( $x \pm se$ ), нормальность распределения данных (критерий Шапиро-Уилка) и достоверность различий (критерий Манна-Уитни и Краскела-Уоллиса). Критерием значимости различий считали показатель  $P < 0,05$  [13].

## Результаты и обсуждение

В опыте № 1 все животные 1, 2 и 3-й групп были инвазированы стронгилятами при обнаружении в 1 г фекалий, в среднем, соответственно 75,42; 71,71 и 73,71 яиц (табл. 2).

В группе лошадей, получивших антигельминтный комплекс ФБЗ : ПВП : АГ, на 14-е сутки после лечения (вторая неделя исследо-

Таблица 2

Table 2

Терапевтическая эффективность препаратов СМК ФБЗ в дозе 3 мг/кг и ФБЗ в дозе 7,5 мг/кг при стронгилятозах лошадей

Therapeutic efficacy of SMC preparations FBZ at a dose of 3 mg/kg and FBZ at a dose of 7,5 mg/kg in equine strongylatosis

Показатель	Сутки от начала опыта							
	1	14	28	42	56	70	84	105
	1-я группа (ФБЗ : ПВП : АГ)							
Среднее число яиц в 1 г фекалий	75,42±21,0	1,57±0,84	11,14±7,55	30,57±9,34	41,57±9,43	57,0±10,05	60,0±10,42	61,21±10,55
Снижение числа яиц в г фекалий, %	0	97,92	85,22	59,46	44,88	24,42	20,44	18,84
ЭЭ, %	0	71,42	42,85	7,14	0	0	0	0
	2-я группа (ФБЗ : ПВП : ЭС)							
Среднее число яиц в 1 г фекалий	71,71±17,83	2,14±1,68	34,14±26,92	66,9±28,53	61,64±26,42	73,85±25,77	69,14±21,85	65,28±22,23
Снижение числа яиц в г фекалий, %	0	97,01	52,39	6,7	14,03	-2,98	3,57	8,96
ЭЭ, %	0	78,57	71,42	7,1	0	0	0	0
	3-я группа (ФБЗ)							
Среднее число яиц в 1 г фекалий	73,71±10,9	24,5±8,92	29,71±6,68	43,57±7,73	57,42±7,32	70,85±7,89	81,07±9,85	83,0±12,17
Снижение числа яиц в г фекалий, %	0	66,74	59,69	40,89	22,1	3,88	-9,98	-12,6
ЭЭ, %	0	28,57	7,15	0	0	0	0	0

ваний) отмечен выраженный терапевтический эффект. Снижение числа яиц в фекалиях составило 97,92%; полностью выздоровело 71,42% животных. Далее показатели эффективности действия препарата начали постепенно снижаться и на 105-е сутки (15-я неделя) составил лишь 18,84%.

Второй антигельминтный комплекс (ФБЗ : ПВП : ЭС) показал высокую антигельминтную эффективность также в начальный период после применения. На 14-е сутки число выделяемых яиц снизилось на 97,01%, число излеченных животных составило 78,57%. К 70-м суткам наблюдали практически полное отсутствие антигельминтного эффекта.

Самая низкая начальная (на 14-е сутки) эффективность отмечена в группе лошадей, получавших ФБЗ. Число выделяемых яиц снизилось только на 66,74%, число излеченных животных составило 28,57%. Дальнейшие наблюдения показали активное снижение эффективности действия препарата и к 105-м суткам отмечали практически полное отсутствие антигельминтной эффективности, что указывает на реинвазию и усиление интенсивности заражения животных.

Таким образом, СМК ФБЗ с АГ и ЭС в низкой дозе (3 мг/кг) эффективнее базового ФБЗ в стандартной дозе (7,5 мг/кг) при стронгилятозах пищеварительного тракта лошадей в краткосрочной перспективе (до 28 сут).

В опыте № 2 (СМК ФБЗ в дозе 5 мг/кг по ДВ) все животные 1, 2 и 3-й групп были инвазированы стронгилятами при обнаружении в 1 г фекалий, в среднем, соответственно 123, 102 и 109 яиц (табл. 3).

Динамика состояния зараженности животных подтверждает различия в эффективности действия исследуемых препаратов. К 14-м суткам после применения ФБЗ : ПВП : АГ яиц стронгилят в фекалиях не находили, после применения ФБЗ : ПВП : ЭС – у 10% лошадей в фекалиях находили

Таблица 3

Table 3

Терапевтическая эффективность препаратов СМК ФБЗ в дозе 5 мг/кг и ФБЗ в дозе 7,5 мг/кг при стронгилятозах у лошадей

Therapeutic efficacy of SMC preparations FBZ at a dose of 5 mg/kg and FBZ at a dose of 7,5 mg/kg in equine strongylatosis

Показатель	Сутки от начала опыта									
	1	14	28	42	56	70	84	105		
1-я группа (ФБЗ : ПВП : АГ)										
Среднее число яиц в 1 г фекалий	123±16,84	0	0	1,1±0,76	1,5±0,85	1,5±0,68	5,4±1,68	10,9±2,29		
Снижение числа яиц в г фекалий, %	0	100	100	99,12	98,89	99,79	95,64	91,14		
ЭЭ, %	0	100	100	80	70	50	30	0		
2-я группа (ФБЗ : ПВП : ЭС)										
Среднее число яиц в 1 г фекалий	102±13,72	0,1±0,01	0,2±0,02	1,7±0,7	1,9±0,84	2,8±0,86	6,5±1,89	15,1±3,49		
Снижение числа яиц в г фекалий, %	0	99,9	99,8	98,33	98,13	97,25	93,62	85,19		
ЭЭ, %	0	90	70	40	40	20	10	0		
3-я группа (ФБЗ)										
Среднее число яиц в 1 г фекалий	109±14,35	27,2±10,12	52,5±14,79	62,8±15,94	68,7±16,36	78,9±15,76	89,5±11,19	93,8±10,98		
Снижение числа яиц в г фекалий, %	0	75	51,8	42,4	36,88	27,7	17,88	13,78		
ЭЭ, %	0	20	20	10	20	0	0	0		

яйца стронгилят. 80% животных, получавших чистый ФБЗ, оставались инвазированными. К 28-м суткам эффективность действия ФБЗ : ПВП : АГ сохранялась на уровне 100%, эффективность ФБЗ : ПВП : ЭС снизилась до 70%, а чистого ФБЗ составила 52,5%. К 105-м суткам во всех группах была зафиксирована 100%-ная повторная инвазия, однако темпы реинвазии у лошадей, получавших супрамолекулярные формы, были значительно ниже.

Анализ динамики накопления яиц в фекалиях подтвердил высокую эффективность СМК ФБЗ. На 14-е сутки после дегельминтизации ФБЗ : ПВП : АГ отмечено 100%-ное снижение числа яиц в фекалиях, после применения ФБЗ : ПВП : ЭС – 99,9%-ное и 75%-ное – в группе, получавшей чистый ФБЗ. К 28-м суткам зараженность в группах ФБЗ : ПВП : АГ и ФБЗ : ПВП : ЭС практически не изменилась (100 и 99,8%, соответственно), тогда как у лошадей, получавших чистый ФБЗ, число яиц в фекалиях снизилось до 52,5%. На 70-е сутки эффективность дегельминтизации сохранялась на уровне 99,79% в 1-й группе, 97,2% – во 2-й группе и на уровне 27,5% в группе чистого ФБЗ. К 105-м суткам число яиц в фекалиях снизилось на 91,14% в 1-й группе, на 85,19% – во 2-й группе и на 13,78% в группе, получавшей чистый ФБЗ.

Число излеченных животных также подтвердило преимущество супрамолекулярных форм ФБЗ. К 14-м суткам выздоровело 100% животных 1-й группы, 90% – 2-й группы и 20% – в группе чистого ФБЗ. К 28-м суткам все животные 1-й группы также выздоровели, тогда как во 2-й группе эффективность комплекса снизилась до 70%, а в группе чистого ФБЗ – до 20%. К 70-м суткам наблюдали стабилизацию показателя эффективности: в 1-й группе – 99,79%, во 2-й – 97,2%. В группе животных, получавших чистый ФБЗ, отмечали быстрое снижение эффективности, что может указывать на резистентность стронгилят.

При сравнении противопаразитарной активности СМК в различной дозировке по базовому веществу было установлено, что оба супрамолекулярных комплекса ФБЗ оказывают пролонгированный антигельминтный эффект по сравнению с базовым препаратом. Наилучший результат достигнут при использовании комплекса ФБЗ : ПВП : АГ с дозой ФБЗ 5 мг/кг по ДВ. Применение дозы 3 мг/кг обеспечивало максимальную эффективность на 14-е сутки, далее наблюдали постепенное снижение эффективности. При использовании дозы 5 мг/кг наблюдали более высокую устойчивость терапевтического эффекта: на 14-е и 28-е сутки свободными от инвазии оставались 100% лошадей. Показатель снижения числа яиц в

фекалиях на всем протяжении опыта сохранял высокие значения, и только к 105-м суткам снизился на 91,14% (рис. 1).

Препарат СМК с ЭС в дозе 3 мг/кг проявил 97,01%-ную антигельминтную эффективность на 14-е сутки после его применения. Затем наблюдали резкое снижение активности до отрицательных значений на 70-е сутки исследований, что указывает на практически полную потерю его действия и активную реинвазию. При применении ФБЗ в дозе 5 мг/кг отмечали более стабильную динамику. На 14-е сутки число яиц в фекалиях снизилось на 99,9%, затем регистрировали медленное снижение значения к 105-м суткам до 85,19% (рис. 2).

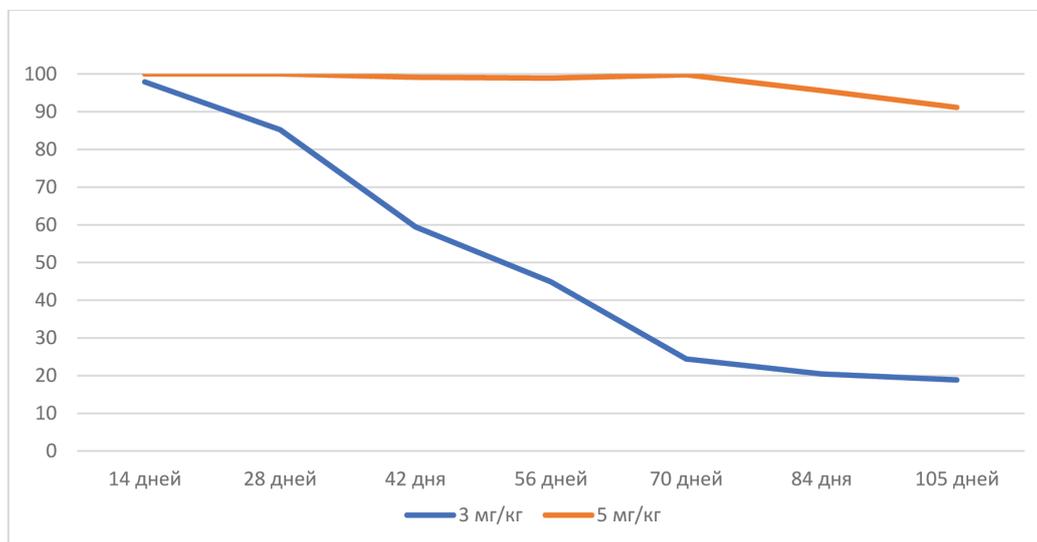


Рис. 1. Динамика антигельминтного действия СМК ФБЗ : ПВП : АГ в дозах 3 и 5 мг/кг по ДВ

Fig. 1. Dynamics of anthelmintic effect of SMC FBZ : PVP : AG at doses of 3 and 5 mg/kg by AS

Таким образом, применение ФБЗ в дозе 5 мг/кг по ДВ в составе СМК с АГ и ЭС существенно улучшает терапевтическую эффективность по сравнению с базовым ФБЗ в стандартной дозе 7,5 мг/кг. Особенно выраженный и более длительный эффект был зафиксирован при использовании СМК ФБЗ с АГ.

Полученные данные опытов и наблюдений были обработаны статистически. С помощью критерия Шапиро-Уилка установлено, что полученные значения имели ненормальное распределение, поэтому для дальнейших расчетов были использованы непараметрические критерии Краскела-Уоллиса и Манна-Уитни.

Контрольными временными точками были выбраны периоды максимального эффекта дегельминтизации (2-я неделя опытов), устойчивости эффекта (8-я неделя), оценки длительности действия и вероятной реинвазии (15-я неделя).

В опыте № 1 для оценки различий в исследуемых группах животных, получавших препараты ФБЗ : ПВП : АГ, ФБЗ : ПВП : ЭС и базовый ФБЗ на 2, 8 и 15-й недели после лечения, применён критерий Краскела-Уоллиса. Были выявлены статистически значимые различия на 2-й неделе ( $P = 0,0027$ ), однако на 8 и 15-й неделях различия между группами не достиг-

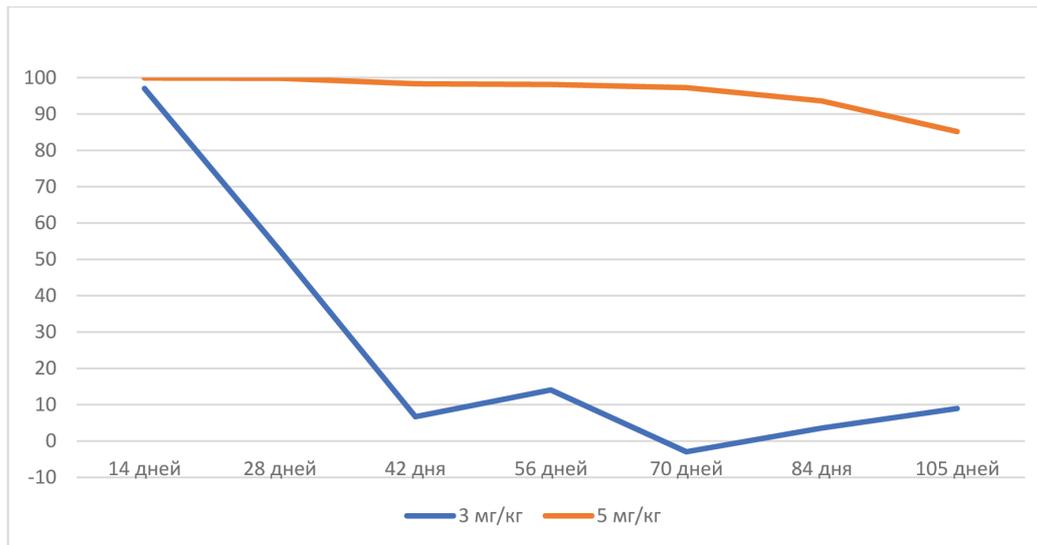


Рис. 2. Динамика антигельминтного действия СМК ФБЗ : ПВП : ЭС в дозах 3 и 5 мг/ по ДВ

Fig. 2. Dynamics of anthelmintic effect of SMC FBZ : PVP : ES at doses of 3 and 5 mg/kg by AS

ли статистической значимости ( $P = 0,0736$  и  $P = 0,0953$ , соответственно). В краткосрочном периоде препараты СМК ФБЗ в дозе 3 мг/кг по ДВ по сравнению в базовым ФБЗ в дозе 7,5 мг/кг достоверно проявили более выраженный терапевтический эффект при стронгилятозах лошадей ( $P < 0,05$ ). В долгосрочной перспективе СМК не дают терапевтического преимущества ( $P > 0,05$ ).

Для уточнения различий в эффективности испытанных препаратов на 2-ю неделю опыта проведены попарные сравнения разных групп с использованием критерия Манна–Уитни. Различия действия препарата ФБЗ : ПВП : АГ и чистого ФБЗ после их применения достоверны ( $P = 0,0086$ ), что подтверждается значительным снижением числа яиц стронгилят при использовании СМК на основе АГ. Различия активности ФБЗ : ПВП : ЭС и базового ФБЗ также статистически значимы ( $P =$

$0,0037$ ), что свидетельствует о преимуществе комплекса с ЭС. Сравнение групп ФБЗ : ПВП : АГ и ФБЗ : ПВП : ЭС не выявило значимых различий ( $P = 0,4433$ ), что указывает на схожий механизм действия обоих комплексов.

В опыте № 2 оценка достоверности различий в антигельминтной эффективности между исследуемыми группами (ФБЗ : ПВП : АГ, ФБЗ : ПВП : ЭС и чистый ФБЗ) также проведена методом Краскела–Уоллиса. Установлены статистически значимые различия во всех контрольных точках (2-я неделя:  $P = 0,0001$ , 8-я неделя:  $P = 0,0046$ , 15-я неделя:  $P = 0,0000756$ ), что свидетельствует о неоднородности распределения значений интенсивности инвазии между группами.

Для уточнения различий проведены попарные сравнения с использованием критерия Манна–Уитни (табл. 4).

Таблица 4

Статистическая достоверность различий антигельминтной эффективности СМК ФБЗ (5 мг/кг) и ФБЗ (7,5 мг/кг)

Table 4

Determination of statistical significance of differences between the anthelmintic efficacy of SMC fenbendazole (5 mg/kg) and fenbendazole (7,5 mg/kg)

Препарат	Значение P в контрольные периоды исследований		
	2 неделя	8 неделя	15 неделя
ФБЗ : ПВП : АГ/ФБЗ	0,00075	0,0043	0,00018
ФБЗ : ПВП : ЭС/ФБЗ	0,00166	0,0113	0,00032
ФБЗ : ПВП : АГ/ ФБЗ : ПВП : ЭС	0,368	0,384	0,448

На 2-й неделе опыта препараты ФБЗ : ПВП : АГ и ФБЗ : ПВП : ЭС показали значительно лучшие результаты в сравнении с чистым ФБЗ ( $P < 0,05$ ). Различий между двумя супрамолекулярными формами не выявлено ( $P > 0,05$ ). На 8-й неделе опыта препараты ФБЗ : ПВП : АГ и ФБЗ : ПВП : ЭС обеспечивали значительно меньшие значения интенсивности инвазии по сравнению с чистым ФБЗ ( $P < 0,05$ ). Однако между двумя СМК различий в эффективности не выявлено ( $P > 0,05$ ). На 15-й неделе опыта оба супрамолекулярных комплекса продолжали достоверно превосходить чистый ФБЗ ( $P < 0,05$ ), но при этом между значениями ФБЗ : ПВП : АГ и ФБЗ : ПВП : ЭС статистических различий также не выявлено ( $P > 0,05$ ).

Таким образом, во всех контрольных периодах (2, 8 и 15-я недели после применения)

СМК ФБЗ в дозе 5 мг/кг по ДВ (ФБЗ : ПВП : АГ и ФБЗ : ПВП : ЭС) обеспечивали более выраженное снижение числа яиц стронгилят по сравнению с действием чистого ФБЗ (7,5 мг/кг). Это подтверждает высокую эффективность и пролонгированное действие усовершенствованных препаратов. Статистических различий между терапевтической эффективностью двух супрамолекулярных форм не выявлено, что свидетельствует о схожей кинетике их действия.

Для оценки терапевтической эффективности комплексов ФБЗ : ПВП : АГ и ФБЗ : ПВП : ЭС в дозах 3 и 5 мг/кг и чистого ФБЗ в дозе 7,5 мг/кг по ДВ у животных данные, полученные в контрольные периоды (2, 8 и 15-я недели), обработаны с помощью критерия Манна-Уитни (табл. 5).

Таблица 5

#### Статистическая достоверность терапевтической эффективности испытуемых препаратов

Table 5

#### Statistical reliability of the therapeutic efficacy of the tested drugs

Препарат	Значение P в контрольные периоды исследований		
	2 неделя	8 неделя	15 неделя
ФБЗ : ПВП : АГ, 3 и 5 мг/кг	0,0673	0,00008	0,0002
ФБЗ : ПВП : ЭС, 3 и 5 мг/кг	0,7215	0,00019	0,0399
ФБЗ, 7,5 мг/кг	0,7232	0,4640	0,5006

В группах животных, получавших ФБЗ : ПВП : АГ в дозах 3 и 5 мг/кг, различия в терапевтической активности на 2-й неделе опыта отсутствовали ( $P > 0,05$ ), но стали значимыми на 8-й ( $P < 0,05$ ) и 15-й неделе ( $P < 0,05$ ). Это указывает на более стойкий эффект в результате увеличения дозы препарата. При использовании ФБЗ : ПВП : ЭС различия между дозами 3 и 5 мг/кг также не были значимыми на 2-й неделе ( $P > 0,05$ ), но стали значимыми на 8 и 15-й неделях опыта ( $P < 0,05$ ). В группах животных, получавших базовый ФБЗ, различия в терапевтической активности на всех этапах исследования не достигли статистической значимости ( $P > 0,05$ ).

Таким образом, увеличение дозы ФБЗ до 5 мг/кг по ДВ в составе супрамолекулярных комплексов приводит к достоверному снижению числа яиц в фекалиях, начиная с 8-й недели опыта, что может быть связано с повышенной биодоступностью и пролонгированным действием комплексных препаратов.

#### Заключение

СМК ФБЗ (ФБЗ : ПВП : АГ и ФБЗ : ПВП : ЭС) показали более высокую антигельминтную активность по сравнению с базовым ФБЗ.

Наибольший антигельминтный эффект отмечен при использовании комплекса ФБЗ : ПВП : АГ в дозе 5 мг/кг, который показал пролонгированное действие до 105 сут после применения.

Увеличение дозы ФБЗ в составе СМК до 5 мг/кг обеспечивает статистически значимую продолжительность терапевтического эффекта.

Различий между терапевтической эффективностью комплексов с АГ и ЭС в дозе 5 мг/кг по ДВ фенбендазола не выявлено, что свидетельствует о схожей кинетике действия обоих комплексов.

Перспективным направлением дальнейших исследовательских работ в данном направлении является изучение фармакокинетики СМК ФБЗ и оптимизация схем де-

гельминтизации сельскохозяйственных животных.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Архипов И. А.* Антигельминтики: фармакология и применение. М.: РАСХН, 2009. С. 47-55.
2. *Архипов И. А., Варламова А. И., Халиков С. С., Садов К. М., Душкин А. В.* Влияние механохимической технологии на антигельминтную эффективность супрамолекулярных комплексов фенбендазола с экстрактом солодки // *Российский паразитологический журнал.* 2020; Т. 14. № 1. С. 70–74. <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2020-14-1-70-74>
3. *Варламова А. И., Архипов И. А., Халиков С. С., Садов К. М.* Эффективность фенбендазола на основе наноразмерной супрамолекулярной системы доставки с поливинилпирролидоном и диоктилсульфосукцинатом натрия при гельминтозах // *Российский паразитологический журнал.* 2019. Т. 13. № 1. С. 56–63. <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2019-13-1-56-63>
4. *Варламова А. И., Лимова Ю. В., Садов К. М., Садова А. К., Белова Е. Е., Радионов А. В., Халиков С. С., Чистяченко Ю. С., Душкин А. В., Скира В. Н., Архипов И. А.* Эффективность супрамолекулярного комплекса фенбендазола при нематодозах овец // *Российский паразитологический журнал.* 2016. Т. 35. № 1. С. 76-81.
5. *Варламова А. И., Мовсесян С. О., Архипов И. А., Халиков С. С., Арисов М. В., Кочетков П. П., Абрамов В. Е., Ильин М. М., Лошкин Б. В.* Биологическая активность и особенности фармакокинетики фенбендазола на основе супрамолекулярной системы адресной доставки с экстрактом солодки и натрия диоктилсульфосукцинатом // *Известия Российской академии наук. Серия биологическая.* 2020. № 6. С. 565–574. <https://doi.org/10.31857/S0002332920060132>
6. *Варламова А. И., Архипов И. А., Садов К. М., Халиков С. С., Арисов М. В., Борзунов Е. М.* Эффективность твердой дисперсии фенбендазола при желудочно-кишечных стронгилятозах молодняка крупного рогатого скота // *Российский паразитологический журнал.* 2021. Т. 15. № 1. С. 92–97. <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2021-15-1-92-97>
7. *Дёмкина О. В.* Эффективность фенбендазола при паразитировании циагостомин в Амурской области // «Теория и практика борьбы с паразитарными болезнями»: сборник научных статей по материалам международной научной конференции. 2024. Вып. 25. С. 114-118. <https://doi.org/10.31016/978-5-6050437-8-2.2024.25.114-118>
8. *Медведева Е. Н., Бабкин В. А., Остроухова Л. А.* Арабиногалактан лиственницы – свойства и перспективы использования (Обзор) // *Химия растительного сырья.* 2003. № 1. С. 27-37
9. *Мусаев М. Б., Защепкина В. В., Гадаев Х. Х., Шахбиев Х. Х.* Комиссионное испытание супрамолекулярного комплекса ивермектина при стронгилятозах пищеварительного тракта лошадей // *Российский паразитологический журнал.* 2021. Т. 15. № 2. С. 101–106. <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2021-15-2-101-106>
10. *Панова О. А., Архипов И. А., Баранова М. В., Хрусталева А. В.* Проблема антигельминтной резистентности в коневодстве // *Российский паразитологический журнал.* 2022. Т. 16. № 2. С. 230–242. <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-2-230-242>
11. *Панова О. А., Курносоева О. П., Хрусталева А. В., Арисов М. В.* Методы копрологической диагностики паразитозов животных // *Российский паразитологический журнал.* 2023. Т. 17. № 3. С. 365–377. <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-3-365-377>
12. *Халиков С. С., Евсеенко В. И., Варламова А. И., Халиков М. С., Ильин М. М., Метелева Е. С., Архипов И. А.* Получение комплексных антигельминтных препаратов методами механохимии // *Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований.* 2023. № 2. С. 44-52. <https://doi.org/10.17513/mjprf.13512>
13. *Abd-Elgawad M. M. M.* Towards sound use of statistics in nematology. *Bulletin of the National Research Centre.* 2021; 45 (1). <https://doi.org/10.1186/s42269-020-00474-x>
14. *Cai Enjia, Wu Rongzheng, Wu Yuhong, Gao Yu, Zhu Yiping, Li Jing.* A systematic review and meta-analysis on the current status of anthelmintic resistance in equine nematodes: A global perspective. *Molecular and Biochemical Parasitology.* 2024; 257:111600. <https://doi.org/10.1016/j.molbiopara.2023.111600>
15. *Cernea M., Carvalho L. M. M., Cozma V., Cernea L., Raileanu S., Silberg R., Gut A.* Atlas of diagnosis of equine strongylidosis. *Edutura Academic Pres.* 2008; 120.
16. *Lu M., Wei W., Xu W., Polyakov N. E., Dushkin A. V., Su W.* Preparation of DNC Solid Dispersion by a Mechanochemical Method with Glycyrrhizic Acid and Polyvinylpyrrolidone to Enhance Bioavailability and Activity. *Polymers.* 2022; 14 (10): 2037. <https://doi.org/10.3390/polym14102037>
17. *Nielsen M. K.* Anthelmintic resistance in equine nematodes: Current status and emerging trends. *International Journal for Parasitology: Drugs*

- and Drug Resistance. 2022; 20: 76-88. <https://doi.org/10.1016/j.ijpddr.2022.10.005>
18. Nielsen M. K., von Samson-Himmelstjerna G., Kuzmina T. A., van Doorn D. V., Meana A., Rehbein S., Elliott T., Reinemeyer C. World association for the advancement of veterinary parasitology (WAAVP): Third edition of guideline for evaluating the efficacy of equine anthelmintics. *Veterinary Parasitology*. 2022; 303: 109676. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2022.109676>
  19. Khalikov S. S. Mechanochemical technology for regulation of the solubility of anthelmintic drugs by using Polymers. *INEOS OPEN*. 2021; 4 (2): 53–60. <https://doi.org/10.32931/ io2108r>
  20. Sun Y., Chen D., Pan Y., Qu W., Hao H., Wang X., Liu Zh., Xie Sh. Nanoparticles for antiparasitic drug delivery. *Drug Delivery*. 2019; 26 (1): 1206–1221. <https://doi.org/10.1080/10717544.2019.1692968>

Статья поступила в редакцию 20.03.25; одобрена после рецензирования 26.03.25; принята к публикации 10.08.25

Об авторах:

**Дёмкина Ольга Владимировна**, кандидат ветеринарных наук, доцент кафедры ветеринарно-санитарной экспертизы, эпизоотологии и микробиологии, SPIN-код: 4628-1555.

**Халиков Марат Салаватович**, научный сотрудник лаборатории физиологически активных фторорганических соединений; SPIN-код: 1937-9902, Scopus ID: 602304510.

**Халиков Салават Самадович**, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физиологически активных фторорганических соединений; SPIN-код: 8931-8242, Researcher ID: T-2164-2018, Scopus ID: 57190865687.

**Варламова Анастасия Ивановна**, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории экспериментальной терапии; SPIN-код: 6577-1180, Researcher ID: F-9941-2014, Scopus ID: 56612429800.

**Турсунов Талгат Туракунович**, доктор ветеринарных наук, заведующий лабораторией паразитологии, SPIN-код: 8028-7856.

Вклад авторов:

Дёмкина О. В. – проведение исследований, анализ данных, составление рукописи, формирование выводов.

Халиков М. С. – наработка опытных образцов.

Халиков С. С. – планирование экспериментов по механохимическим исследованиям, анализ экспериментальных данных и участие в формировании рукописи и подготовке статьи.

Варламова А. И. – анализ данных, оформление рукописи.

Турсунов Т. Т. – критический анализ полученных результатов, оформление рукописи.

*Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

## References

1. Arkhipov I. A. Anthelmintics: Pharmacology and Application. Moscow: Russian Academy of Agricultural Sciences, 2009; 47–55. (In Russ.)
2. Arkhipov I. A., Varlamova A. I., Khalikov S. S., Sadov K. M., Dushkin A. V. The Influence of Mechanochemical Technology on Anthelmintic Efficacy of Supramolecular Complexes of Fenbendazole with Licorice Extract. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2020; 14 (1): 70-74. (In Russ.) <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2020-14-1-70-74>
3. Varlamova A. I., Arkhipov I. A., Khalikov S. S., Sadov K. M. Efficiency of Fenbendazole on the Basis of Nanosized Supramolecular Delivery Systems with Polyvinyl Pyrrolidone and Dioctylsulphosuccinate Sodium in the Cases of Helminthosis. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2019; 13 (1): 56-63. (In Russ.) <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2019-13-1-56-63>
4. Varlamova A. I., Limova Yu. V., Sadov K. M., Sadova A. K., Belova E. E., Radionov A. V., Khalikov S. S., Chistyachenko Yu. S., Dushkin A. V., Skira V. N., Arkhipov I. A. Efficacy of the supramolecular complex of fenbendazole against nematodiasis in sheep. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2016; 35 (1): 76–81. (In Russ.)
5. Varlamova A. I., Movsesyan S. O., Arkhipov I. A., Khalikov S. S., Arisov M. V., Kochetkov P. P., Abramov V. E., Ilyin M. M., Loshkin B. V. Biological Activity and Pharmacokinetic Features of Fenbendazole Based on a Supramolecular Targeted Delivery System with Licorice Extract and Sodium Dioctylsulphosuccinate. *Izvestiya*

- Rossiyskoy akademii nauk. Seriya biologicheskaya = Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Biological Series. 2020; (6): 565–574. (In Russ.) <https://doi.org/10.31857/S0002332920060132>
6. Varlamova A. I., Arkhipov I. A., Sadov K. M., Khalikov S. S., Arisov M. V., Borzunov E. N. Efficacy of solid dispersion of fenbendazole against gastrointestinal strongylatosis of young cattle. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2021; 15 (1): 92–97. (In Russ.) <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2021-15-1-92-97>
  7. Demkina O. V. Effectiveness of Fenbendazole in Cyathostomiasis in the Amur Region. «Teoriya i praktika bor'by s parazitarnymi boleznyami»: sbornik nauchnykh statey po materialam mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii = «Theory and Practice of Fighting Parasitic Diseases»: collection of scientific articles based on the materials of the international scientific conference. 2024; 25: 114–118. (In Russ.) <https://doi.org/10.31016/978-5-6050437-8-2.2024.25.114-118>
  8. Medvedeva E. N., Babkin V. A., Ostroukhova L. A. Larch Arabinogalactan: Properties and Prospects for Use (Review). *Khimiya rastitel'nogo syr'ya = Chemistry of Plant Raw Material*. 2003; 1: 27–37. (In Russ.)
  9. Musaev M. B., Zashchepkina V. V., Gadayev Kh. Kh., Shakhbiyev Kh. Kh. Commission test of the efficacy of the supramolecular complex of ivermectin against gastrointestinal strongylatosis of horses. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2021; 15 (2): 101–106. (In Russ.) <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2021-15-2-101-106>
  10. Panova O. A., Arkhipov I. A., Baranova M. V., Khrustalev A. V. Problem of anthelmintic resistance in horse breeding. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2022; 16 (2): 230–242. (In Russ.) <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2022-16-2-230-242>
  11. Panova O. A., Kurnosova O. P., Khrustalev A. V., Arisov M. V. Methods of coprological diagnostics of animal parasitoses. *Rossiyskiy parazitologicheskiy zhurnal = Russian Journal of Parasitology*. 2023; 17 (3): 365–377. (In Russ.) <https://doi.org/10.31016/1998-8435-2023-17-3-365-377>
  12. Khalikov S. S., Evseenko V. I., Varlamova A. I., Khalikov M. S., Ilyin M. M., Meteleva E. S., Arkhipov I. A. Obtaining complex anthelmintic drugs by methods of mechanochemistry. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy = International Journal of Applied and Basic Research*. 2023; 2: 44–52. (In Russ.) <https://doi.org/10.17513/mjpf.13512>
  13. Abd-Elgawad M. M. M. Towards sound use of statistics in nematology. *Bulletin of the National Research Centre*. 2021; 45 (1). <https://doi.org/10.1186/s42269-020-00474-x>
  14. Cai Enjia, Wu Rongzheng, Wu Yuhong, Gao Yu, Zhu Yiping, Li Jing. A systematic review and meta-analysis on the current status of anthelmintic resistance in equine nematodes: A global perspective. *Molecular and Biochemical Parasitology*. 2024; 257:111600. <https://doi.org/10.1016/j.molbiopara.2023.111600>
  15. Cernea M., Carvalho L. M. M., Cozma V., Cernea L., Raileanu S., Silberg R., Gut A. Atlas of diagnosis of equine strongylidosis. *Edutura Academic Pres*. 2008; 120.
  16. Lu M., Wei W., Xu W., Polyakov N. E., Dushkin A. V., Su W. Preparation of DNC Solid Dispersion by a Mechanochemical Method with Glycyrrhizic Acid and Polyvinylpyrrolidone to Enhance Bioavailability and Activity. *Polymers*. 2022; 14 (10): 2037. <https://doi.org/10.3390/polym14102037>
  17. Nielsen M. K. Anthelmintic resistance in equine nematodes: Current status and emerging trends. *International Journal for Parasitology: Drugs and Drug Resistance*. 2022; 20: 76–88. <https://doi.org/10.1016/j.ijpddr.2022.10.005>
  18. Nielsen M. K., von Samson-Himmelstjerna G., Kuzmina T. A., van Doorn D. V., Meana A., Rehbein S., Elliott T., Reinemeyer C. World association for the advancement of veterinary parasitology (WAAVP): Third edition of guideline for evaluating the efficacy of equine anthelmintics. *Veterinary Parasitology*. 2022; 303: 109676. <https://doi.org/10.1016/j.vetpar.2022.109676>
  19. Khalikov S. S. Mechanochemical technology for regulation of the solubility of anthelmintic drugs by using Polymers. *INEOS OPEN*. 2021; 4 (2): 53–60. <https://doi.org/10.32931/io2108r>
  20. Sun Y., Chen D., Pan Y., Qu W., Hao H., Wang X., Liu Zh., Xie Sh. Nanoparticles for antiparasitic drug delivery. *Drug Delivery*. 2019; 26 (1): 1206–1221. <https://doi.org/10.1080/10717544.2019.1692968>

The article was submitted 20.03.2025; approved after reviewing 26.03.2025; accepted for publication 10.08.2025

*About the authors:*

**Demkina Olga V.**, Candidate of Veterinary Sciences, Associate Professor of the Department of Veterinary-Sanitary Examination, Epizootology and Microbiology, SPIN: 4628-1555.

**Khalikov Marat S.**, Researcher of the Laboratory of Physiologically Active Fluoroorganic Compounds; SPIN: 1937-9902, Scopus ID: 602304510.

**Khalikov Salavat S.**, Doctor of Technical Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Physiologically Active Fluoroorganic Compounds; SPIN: 8931-8242, Researcher ID: T-2164-2018, Scopus ID: 57190865687.

**Varlamova Anastasia I.**, Doctor of Biological Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Experimental Therapy; SPIN: 6577-1180, Researcher ID: F-9941-2014, Scopus ID: 56612429800.

**Tursunov Talgat T.**, Doctor of Veterinary Sciences, Head of the Laboratory of Parasitology, SPIN: 8028-7856.

*Contribution of the authors:*

Demkina O. V. – research, data analysis, manuscript drafting, conclusions.

Khalikov M. S. – pilot specimen exploratory studies.

Khalikov S. S. – experiment planning on mechanochemical studies, experimental data analysis, and participating in manuscript drafting and article preparation.

Varlamova A. I. – data analysis, manuscript drafting.

Tursunov T. T. – critical analysis of the results, manuscript preparation.

*All authors have read and approved the final manuscript.*