

Ирина Александровна Чаплыгина

Красноярский государственный аграрный университет, доцент кафедры товароведения и управления качеством продукции АПК, кандидат биологических наук, доцент, Красноярск, Россия

E-mail: ledum_palustre@mail.ru

Василий Викторович Матюшев

Красноярский государственный аграрный университет, заведующий кафедрой товароведения и управления качеством продукции АПК, доктор технических наук, профессор, Красноярск, Россия

E-mail: matyushe@yandex.ru

Александр Викторович Семенов

Красноярский государственный аграрный университет, заведующий кафедрой механизации и технического сервиса в АПК, кандидат технических наук, доцент, Красноярск, Россия

E-mail: matyushe@yandex.ru

**ВЛИЯНИЕ МАССОВОЙ ДОЛИ ПРОРОЩЕННЫХ СЕМЯН РАПСА В СМЕСИ
НА ПИТАТЕЛЬНУЮ ЦЕННОСТЬ ЭКСТРУДАТОВ**

Цель исследования – определить влияние массовой доли пророщенных семян рапса в смеси на питательную ценность экструдированных кормов. Исследование по проращиванию семян рапса Траппер В4 2018 с последующим их экструдированием в смеси с зерном пшеницы проводилось в Инжиниринговом центре ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ. Сырье для получения смесей и проростков, пророщенный рапс и готовые экструдаты анализировали на содержание основных питательных веществ и содержание тяжелых металлов в Научно-исследовательском испытательном центре Красноярского ГАУ. Количество пророщенного рапса составляло 10; 15; 20 и 25 % от общей массы смеси. С увеличением массовой доли пророщенных семян рапса в смеси в полученных экструдатах возрастает содержание сырого протеина, сырой клетчатки, сахара, крахмала и каротина при одновременном снижении количества безазотистых экстрактивных веществ. Содержание кальция в готовом корме повышается на 271,3 мг/кг, фосфора – на 36,1 %. В экструдате, полученном из смеси, содержащей 25 % пророщенного рапса, отмечено максимальное содержание белка (16,18 %), клетчатки (10,15 %), сахара (5,05 %) и кальция (823,97 мг/кг). Наибольшее содержание крахмала (41,06 %) наблюдалось в экструдатах, полученных из смесей, содержащих 20 % пророщенного рапса. Смесей с 15 и 10 % пророщенного рапса отличались высоким содержанием фосфора (0,01 мг/кг) и БЭВ (72,2 %) соответственно. Количество сырого жира и каротина в экструдатах увеличивалось при увеличении доли пророщенного рапса в смеси. Наибольшее содержание обменной энергии в образцах отмечено при применении в смеси 25 % пророщенного рапса (12,97 МДж/кг). Эколого-энергетический показатель качества экструдатов уменьшается при увеличении доли проростков в составе смеси.

Ключевые слова: пшеница, рапс, проростки, технология, экструдат, комбикорма, питательная ценность.

Irina A. Chaplygina

Krasnoyarsk State Agrarian University, Associate Professor of Department of Merchandizing and Quality Management of Agro-Industrial Complex, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Krasnoyarsk, Russia

E-mail: ledum_palustre@mail.ru

Vasily V Matyushev

Krasnoyarsk State Agrarian University, Head of Department of Merchandizing and Quality Management of Agro-Industrial Complex, Doctor of Technical Sciences, Professor, Krasnoyarsk, Russia

E-mail: matyushe@yandex.ru

Aleksandr V. Semenov

Krasnoyarsk State Agrarian University, head of Department of Mechanization and Technical Service in Agro-industrial Complex, candidate of technical sciences, associate professor, Krasnoyarsk, Russia

E-mail: matyushe@yandex.ru

EFFECT OF THE MASS RATE OF GERMINATED RAPE SEEDS IN MIXTURE ON THE NUTRITIONAL VALUE OF EXTRUDATES

The aim of the study is to determine the effect of the mass fraction of germinated rapeseed in the mixture on the nutritional value of extruded feed. Studies on the germination of rapeseed Trapper B4 2018 with their subsequent extrusion in a mixture with wheat grain were carried out at the Engineering Center of the Krasnoyarsk State Agrarian University. Raw materials for obtaining mixtures and seedlings, sprouted rapeseed and finished extrudates were analyzed for the content of basic nutrients and the content of heavy metals at the Research and Testing Center of the Krasnoyarsk State Agrarian University. The number of sprouted rapeseed was 10; 15; 20 and 25 % of the total mass of the mixture. With an increase in the mass fraction of germinated rapeseeds in the mixture in the resulting extrudates, the content of crude protein, crude fiber, sugar, starch and carotene increases, while the amount of nitrogen-free extractives decreases. The calcium content in the finished feed increases by 271.3 mg/kg, phosphorus – by 36.1 %. The extrudate obtained from a mixture containing 25% of sprouted rapeseed, the maximum content of protein (16.18 %), fiber (10.15 %), sugar (5.05 %) and calcium (823.97 mg/kg) was noted. The highest starch content (41.06 %) was observed in extrudates obtained from mixtures containing 20 % sprouted rapeseed. Mixtures with 15 and 10 % of sprouted rapeseed were distinguished by a high content of phosphorus (0.01 mg/kg) and NFE (72.2 %), respectively. The amount of crude fat and carotene in the extrudates increased with an increase in the proportion of sprouted rapeseed in the mixture. The highest content of exchange energy in the samples was observed when 25 % sprouted rape was used in the mixture (12.97 MJ/kg). The ecological and energy quality index of extrudates decreases with an increase in the proportion of seedlings in the mixture.

Keywords: wheat, rape, seedlings, technology, extrudate, compound feed, nutritional value.

Введение. Разработка способов, повышающих питательную ценность зерновых кормов при их подготовке к скармливанию животным, является важным фактором развития современного животноводства.

В работах исследователей [1–3] отмечено, что использование пророщенного зерна позволяет обогатить корма биологически активными веществами.

Для расширения ассортимента и объемов выпускаемой продукции надлежащего качества авторы [4–8] рекомендуют пророщенное зерно включать в состав смеси перед экструдированием. Например, среднесуточный прирост телят увеличился на 9,8 % при использовании кормовой смеси с предварительно пророщенным зерном рапса и последующим экструдированием по сравнению с использованием лишь одного экструдирования [2]. Рентабельность производства продукции животноводства увеличилась на 2,2 % при введении в рацион кормления скота смеси экструдатов из предварительно пророщенных зерен кукурузы, пшеницы и ячменя [9].

В известных источниках в неполной мере изучены вопросы изменения биохимического состава экструдированной смеси, одним из компонентов которой является пророщенные семена рапса.

В связи с этим актуальными являются исследования, которые позволяют на основе оптимального количественного и качественного состава пророщенного зерна в составе смеси перед экструдированием получить корм с наибольшей питательной ценностью.

Цель исследования: определить влияние массовой доли пророщенных семян рапса в смеси на питательную ценность экструдированных кормов.

Задача исследования: определить качественные характеристики экструдата в зависимости от доли вносимого в смесь пророщенных семян рапса.

Объекты и методы исследования. Исследование по проращиванию семян рапса Траппер В4 2018 с последующим их экструдированием в смеси с зерном пшеницы проводилось в Инжиниринговом центре ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ. Для получения смесей для экструзии семена рапса проращивали до получения ростков 2 мм и смешивали с предварительно очищенным зерном пшеницы [10]. Количество пророщенного рапса составляло 10; 15; 20 и 25 % от общей массы смеси. Экструзию смесей пшеницы с проростками рапса осуществляли на экструдере ЭК-100. Сырье для получения смесей и проростков, пророщенный рапс и готовые

экструдаты анализировали на содержание основных питательных веществ и содержание тяжелых металлов в Научно-исследовательском испытательном центре Красноярского ГАУ. На основании полученных данных производили расчет обменной энергии и эколого-энергетического показателя качества корма [11].

Анализ осуществляли не менее чем в 5 аналитических повторностях. По результатам исследования осуществляли первичную статистическую обработку и однофакторный дисперсионный анализ с использованием пакета анализа данных MS Excel.

Результаты исследования и их обсуждение. Выбранные для экструзии соотношения зерна пшеницы и проростков рапса в смеси

обоснованы влажностью сырья, обеспечивающей стабильность протекания процесса [7]. Для обоснования оптимального соотношения компонентов в смеси анализировали питательную ценность полученных экструдатов. Химический состав непророщенных и пророщенных семян рапса, а также готовых смесей после экструдирования представлены на рисунке 1.

С увеличением массовой доли пророщенных семян рапса в смеси в полученном экструдате возрастает содержание сырого протеина, сырой клетчатки, сахара, крахмала и каротина, при одновременном снижении количества безазотистых экстрактивных веществ (БЭВ). Содержание кальция в готовом корме повышается на 271,3 мг/кг, фосфора – на 36,1 %.

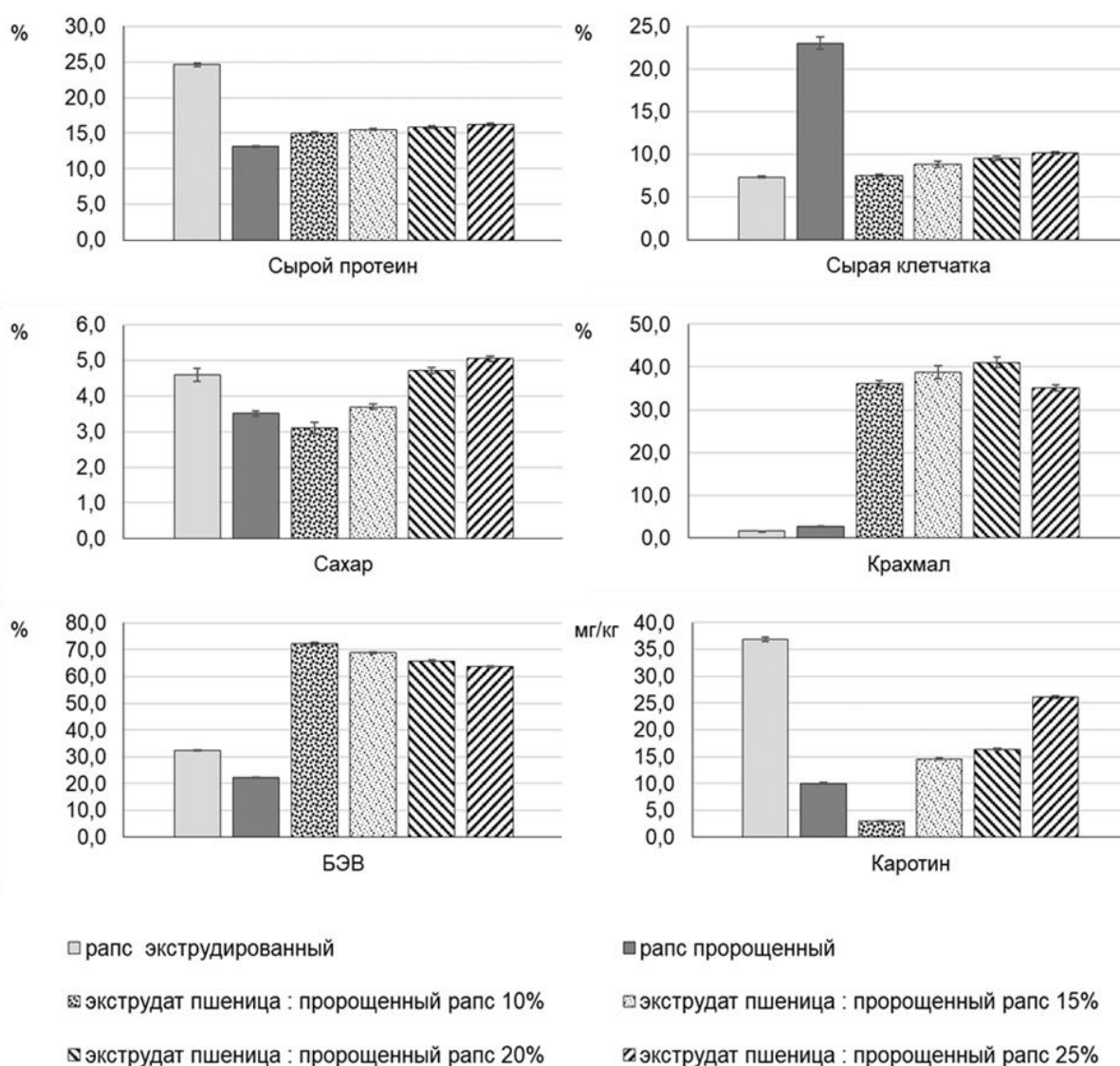


Рис. 1. Состав экструдированных, пророщенных семян рапса и экструдатов смесей пшеницы с пророщенным рапсом (на сухое вещество)

Из проведенного исследования следует, что в экструдированных смесях при использовании пророщенных семян рапса в качестве одного из компонентов содержание основных питательных веществ меняется в зависимости от состава смеси. В экструдатах из смесей, содержащих 25 % пророщенного рапса, отмечено максимальное содержание белка (16,18 %), клетчатки (10,15 %), сахара (5,05 %) и кальция (823,97 мг/кг). Наибольшее содержание крахмала (41,06 %) наблюдалось в экструдатах, полученных из смесей с 20 % пророщенного рапса (см. рис. 1). Смесей с 15 и 10 % пророщенного рапса

отличались высоким содержанием фосфора (0,01 мг/кг) и БЭВ (72,2 %) соответственно.

Количество сырого жира и каротина в экструдатах увеличивалось при увеличении доли пророщенного рапса в смеси. Содержание жира возрастало от 3,21 % (смесь с 10 % проростков рапса) до 7,30 % (смесь с 25 % проростков рапса), а каротина – от 3,0 до 26,07 % соответственно.

Изменение содержания обменной энергии в исходном сырье и экструдированных смесях пшеницы с пророщенным рапсом представлено на рисунке 2.

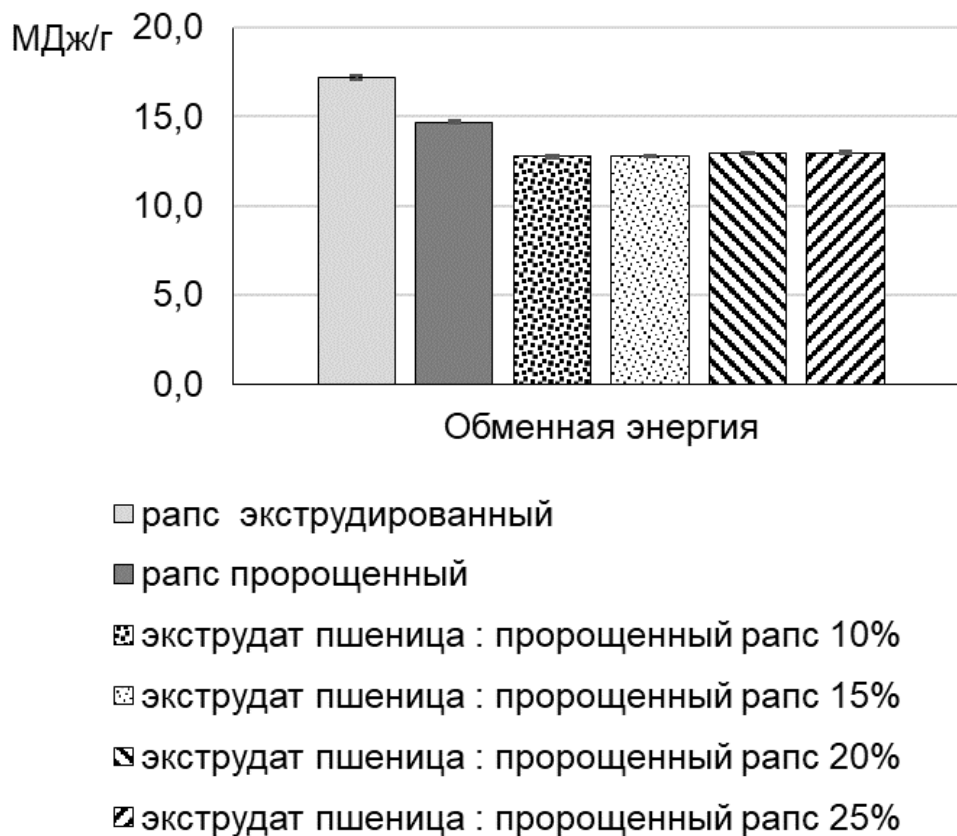


Рис. 2. Обменная энергия экструдированных, пророщенных семян рапса и экструдатов смесей пшеницы с пророщенным рапсом (на сухое вещество)

Обменная энергия корма при добавлении в смесь перед экструдированием 10–25 % пророщенных семян рапса увеличивается с 12,76 до 12,97 МДж/кг. Наибольшее содержание обменной энергии в образцах отмечено при применении в смеси 25 % пророщенного рапса (12,97 МДж/кг).

Результаты исследования свидетельствуют об изменениях качества экструдированного корма в зависимости от количественного и качественного состава смеси.

Содержание тяжелых металлов (свинца, цинка, меди и кадмия) в рапсе, проростках рапса и полученных экструдатах не превышает допустимые нормы (табл.) [12].

Содержание тяжелых металлов в экструдированных, пророщенных семян рапса и экструдатов смесей пшеницы с пророщенным рапсом ($M \pm m$), мг/кг сухого вещества

Образец	Свинец	Медь	Цинк	Кадмий
Рапс экструдированный	1,40±0,03	2,68±0,06	47,0±0,9	0,161±0,004
Рапс пророщенный	2,08±0,04	2,72±0,06	49,5±1,1	0,298±0,007
Экструдат пшеница : пророщ. рапс 10 %	1,48±0,03	5,97±0,14	39,6±0,8	0,177±0,003
Экструдат пшеница : пророщ. рапс 15 %	1,55±0,03	4,96±0,10	38,5±0,5	0,195±0,004
Экструдат пшеница : пророщ. рапс 20 %	1,73±0,04	4,23±0,12	37,6±0,7	0,234±0,004
Экструдат пшеница : пророщ. рапс 25 %	1,93±0,05	2,92±0,06	37,0±0,6	0,285±0,007

На основании полученных данных проводили эколого-энергетическую оценку экструдированных кормов с использованием пророщенного рапса. Отмечено, что эколого-энергетический

показатель качества экструдатов уменьшается при увеличении доли проростков в составе смеси (рис. 3).



Рис. 3. Эколого-энергетический показатель качества экструдированных смесей с пророщенным рапсом

Таким образом, несмотря на высокое содержание обменной энергии в экструдатах, содержащих пророщенный рапс, в результате содержания в нем тяжелых металлов ценность корма снижается, что выражается в снижении эколого-энергетического показателя качества.

Однофакторный дисперсионный анализ показал достоверное изменение содержания основных питательных веществ и тяжелых металлов в зависимости от состава экструдированных смесей, поскольку значение $F = 91,14$ превышает значение $F_{крит} = 3,09$. Достоверность различия между средними при этом составила 99 %. Таким образом, биохимический состав экструдированных смесей достоверно связан с влиянием со-

держания пророщенного зерна в его составе. При этом показатель силы влияния составил 97,08 %.

На основе проведенных исследований разработана программа для ЭВМ «Моделирование качества зерновых кормов, обработанных методом экструдирования с предварительным проращиванием одного из компонентов» [13], которая позволяет выполнять расчеты и визуализацию прогнозных значений обменной энергии кормов в сельскохозяйственном производстве в соответствии с предложенной аналитической моделью качества экструдированных зерновых смесей с пророщенным компонентом.

Выводы. Оптимальным по питательной ценности является экструдат из смеси, содержащей 25 % пророщенного рапса, в котором отмечено максимальное содержание белка (16,18 %), клетчатки (10,15 %), сахара (5,05 %), кальция (823,97 мг/кг) и обменной энергии (12,97 МДж/кг).

Содержание тяжелых металлов в рапсе, проростках рапса и полученных экструдатах не превышает допустимые нормы. Эколого-энергетический показатель качества экструдатов уменьшается при увеличении доли проростков в составе смеси.

Проведенное исследование свидетельствует о целесообразности применения пророщенных семян рапса в составе смеси перед экструдированием по массовой доле не выше 25 %.

Литература

1. *Mohsen M. Farghaly, Mahmoud A.M. Abdullah, Ibrahim M.I. Youssef, Ismail R. Abdel-Rahim, Khaled Abouelezz.* Effect of feeding hydroponic barley sprouts to sheep on feed intake, nutrient digestibility, nitrogen retention, rumen fermentation and ruminal enzymes activity, *Livestock Science*, Volume 228, 2019, Pages 31–37.
2. *Сайфуллин А.С.* Зоогигиеническое обоснование использования экструдированного корма в кормлении телят // *Ученые записки Казанской государственной академии ветеринарной медицины им. Н.Э. Баумана*. 2017. Т. 230, № 2. С. 121–125.
3. *Батанов С.Д., Березкина Г.Ю., Калашникова Е.С.* Влияние скармливания пророщенного зерна на репродуктивные качества крупного рогатого скота // *Ученые записки КГАВМ им. Н.Э. Баумана*. 2013. № 1. С. 24–27.
4. *Сайфуллин А.С.* Влияние экструдированного корма, с предварительным проращиванием рапса, на организм крупного рогатого скота: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Казань, 2018. 23 с.
5. *Швецов Н.Н., Швецова М.Р., Иевлев М.Ю.* и др. Новые кормосмеси с пророщенным и экструдированным зерном для дойных коров // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2014. № 1. С. 47–49.
6. *Матюшев В.В., Чаплыгина И.А., Семенов А.В.* Производство экструдированных кормов с предварительным проращиванием одного из компонентов смеси // *Проблемы современной аграрной науки: мат-лы междунар. науч. конф.* Красноярск, 2020. С. 367–369.
7. *Матюшев В.В., Чаплыгина И.А., Семенов А.В.* Использование пророщенного зерна пшеницы в экструзионных технологиях // *Вестник КрасГАУ*. 2020. № 11 (164). С. 184–189.
8. *Чаплыгина И.А., Матюшев В.В., Семенов А.В.* Производство экструдированной смеси с предварительным проращиванием зерна овса // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2020. № 12 (194). С. 91–95.
9. *Shvetsov, Nikolai & Kotarev, Vyacheslav & Kovrigin, Aleksandr & Shvetsova, Mariya* (2019). Effect of Sprouted and Extruded Grain in Composition of Fodder Mixtures on Digestibility of Dairy Cows Diet Nutrients. 10.2991/isils-19.2019.68.
10. *Chaplygina I.A., Matyushev V.V., Shaniina E.V.* The development of technological parameters of seed sprouting before extrusion // *III International Scientific Conference: AGRITECH–III–2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies*. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, 2020. С. 42067.
11. *Чаплыгина И.А., Матюшев В.В.* Оценка экологической безопасности экструдированных продуктов с использованием сои // *Пища. Экология. Качество: тр. XIII междунар. науч.-практ. конф.* Красноярск, 2016. С. 394–399.
12. Временный максимально допустимый уровень (МДУ) содержания некоторых химических элементов и госсипола в кормах для сельскохозяйственных животных и кормовых добавках. URL: www.consultant.ru (дата обращения: 15.12.2020).
13. *Матюшев В.В., Чаплыгина И.А., Семенов А.В.* и др. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ 2020667319,

22.12.2020. Заявка № 2020666856 от 16.12.2020.

Литература

1. *Mohsen M. Farghaly, Mahmoud A.M. Abdullah, Ibrahim M.I. Youssef, Ismail R. Abdel-Rahim, Khaled Abouelezz.* Effect of feeding hydroponic barley sprouts to sheep on feed intake, nutrient digestibility, nitrogen retention, rumen fermentation and ruminal enzymes activity, *Livestock Science*, Volume 228, 2019, Pages 31–37.
2. *Sajfullin A.S.* Zoogigienicheskoe obosnovanie ispol'zovaniya `ekstrudirovannogo korma v kormlenii telyat // *Uchenye zapiski Kazanskoj gosudarstvennoj akademii veterinarnoj mediciny im. N. E. Baumana*. 2017. T. 230, № 2. S. 121–125.
3. *Batanov S.D., Berezkina G.Yu., Kalashnikova E.S.* Vliyanie skarmlivaniya proroschennogo zerna na reproduktivnye kachestva krupnogo rogatogo skota // *Uchenye zapiski KGAVM im. N. E. Baumana*. 2013. № 1. S. 24–27.
4. *Sajfulin A.S.* Vliyanie `ekstrudirovannogo korma, s predvaritel'nym proraschivaniem rapsa, na organizm krupnogo rogatogo skota: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Kazan', 2018. 23 s.
5. *Shvecov N.N., Shvecova M.R., Ievlev M.Yu.* i dr. Novye kormosmesi s proroschennym i `ekstrudirovannym zernom dlya dojnyh korov // *Vestnik Kurskoj gosudarstvennoj sel'skohozyajstvennoj akademii*. 2014. № 1. S. 47–49.
6. *Matyushev V.V., Chaplygina I.A., Semenov A.V.* Proizvodstvo `ekstrudirovannyh kormov s predvaritel'nym proraschivaniem odnogo iz komponentov smesi // *Problemy sovremennoj agrarnoj nauki: matly mezhdunar. nauch. konf. Krasnoyarsk*, 2020. S. 367–369.
7. *Matyushev V.V., Chaplygina I.A., Semenov A.V.* Ispol'zovanie proroschennogo zerna pshenicy v `ekstruzionnyh tehnologiyah // *Vestnik KrasGAU*. 2020. № 11 (164). S. 184–189.
8. *Chaplygina I.A., Matyushev V.V., Semenov A.V.* Proizvodstvo `ekstrudirovannoj smesi s predvaritel'nym proraschivaniem zerna ovsa // *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2020. № 12 (194). S. 91–95.
9. *Shvetsov, Nikolai & Kotarev, Vyacheslav & Kovrigin, Aleksandr & Shvetsova, Mariya* (2019). Effect of Sprouted and Extruded Grain in Composition of Fodder Mixtures on Digestibility of Dairy Cows Diet Nutrients. 10.2991/isils-19.2019.68.
10. *Chaplygina I.A., Matyushev V.V., Shanina E.V.* The development of technological parameters of seed sprouting before extrusion // *III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk*, 2020. S. 42067.
11. *Chaplygina I.A., Matyushev V.V.* Ocenka `ekologicheskoy bezopasnosti `ekstrudirovannyh produktov s ispol'zovaniem soi // *Pischa. `Ekologiya. Kachestvo: tr. XIII mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Krasnoyarsk*, 2016. S. 394–399.
12. Vremennyy maksimal'no dopustimyy uroven' (MDU) soderzhaniya nekotoryh himicheskikh `elementov i gossipola v kormah dlya sel'skohozyajstvennyh zhivotnyh i kormovyh dobavkah. URL: www.consultant.ru (data obrascheniya: 15.12.2020).
13. *Matyushev V.V., Chaplygina I.A., Semenov A.V.* i dr. Svidetel'stvo o registracii programmy dlya `EVM 2020667319, 22.12.2020. Zayavka № 2020666856 от 16.12.2020.