

**ЗООТЕХНИЯ И ВЕТЕРИНАРИЯ  
ANIMALS AND VETERINARY SCIENCE**

**ЧАСТНАЯ ЗООТЕХНИЯ, КОРМЛЕНИЕ, ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ КОРМОВ  
И ПРОИЗВОДСТВА ПРОДУКЦИИ ЖИВОТНОВОДСТВА  
(СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ)**

Научная статья  
УДК 636.22/28.085.12

**ПОЛУЧЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ ГРАНУЛИРОВАННЫХ ДОБАВОК С ПОМОЩЬЮ  
ЭКСТРУДИРОВАНИЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СОДЕРЖАНИЕ КАЛЬЦИЯ И ФОСФОРА У  
ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ КОРОВ**

<sup>1</sup>Наталья Ивановна Ярован, <sup>1</sup>Татьяна Николаевна Федорова, <sup>2</sup>Анна Георгиевна Менякина  
<sup>1</sup>ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, Орловская область, Орёл, Россия  
<sup>2</sup>ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

**Аннотация.** В статье приводятся результаты эксперимента по экструдированию зерна люпина белого сорта «Мичуринский». Измельченное в зернодробилке зерно люпина увлажняли в большой емкости из расчета влаги 10–15% от объема сырья. Затем пропускали через кормовой одношнековый экструдер марки КЭШ-1, модель ЭК-ТУ 28.93.13.001–21520712–2017, производительностью 30–50 кг/ч, потребляемой мощностью 5,7 кВт, при контролируемой максимальной температуре, которая достигала 116°C. В экструдере увлажненная масса зерна трамбуется и на выходе после воздействия высокого давления резко вспучивается. Продукт образуется в виде трубочки с тонкими стенками до 2мм, далее проводили смешивание экструдированного продукта со свежей хвоей сосны, пропускали через гранулятор, продукт гранулируется, и в результате получали гранулы диаметром 4мм и длиной до 5 мм. Включение в рацион коров гранулированных биологически активных кормовых добавок из экструдированного люпина белого и хвои сосны дополнительно к рациону хозяйства привело к увеличению до оптимальных значений содержание общего кальция. К концу эксперимента разница между контролем и опытной группой №3 составила 17%, а разница между опытной группой №1 и №3–9%. Содержание неорганического фосфора до начала эксперимента и на протяжении исследования во всех группах соответствовало нижним физиологическим нормам, однако, при использовании предлагаемых добавок его значение увеличилось и достигло оптимальных значений. Разница между контролем и группой №3 на 30-ый день эксперимента составила -25,7%, группами №1 и №3 составила-16,3%.

**Ключевые слова:** минеральный обмен, голштинские коровы, промышленное содержание, экструдированный люпин, хвоя сосны, экструдирование.

**Для цитирования:** Ярован Н.И., Федорова Т.Н., Менякина А.Г. Получение растительных гранулированных добавок с помощью экструдирования и их влияние на содержание кальция и фосфора у высокопродуктивных коров // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 1 (113). С. 36-40.

**Original article**

**EXTRUSION-BASED PRODUCTION OF PLANT-DERIVED GRANULATED  
SUPPLEMENTS AND THEIR EFFECT ON CALCIUM AND PHOSPHORUS LEVELS  
IN HIGH-YIELDING COWS**

<sup>1</sup>Natal'ya I. Yarovan, <sup>1</sup>Tat'yana N. Fyodorova, <sup>2</sup>Anna G. Menyakina  
<sup>1</sup>Oryol State Agrarian University, Oryol region, Oryol, Russia  
<sup>2</sup>Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

**Abstract.** This article presents experimental results on the extrusion of white lupine grain of the variety “Michurinsky”. The lupine grain, ground in a grain mill, was moistened in a large container to a moisture contents of 10–15% of the raw material volume. The grain was then passed through a KESH-1 single-screw feed extruder, model EK-TU 28.93.13.001–21520712–2017, with a capacity of 30–50 kg/h and a power consumption of 5.7 kW at a controlled maximum temperature of 116°C. The moistened grain mass is compacted in the extruder, and at the outlet, following high-pressure exposure, it abruptly expands. The product is formed into a tube with thin walls up to 2 mm. Next, the extruded product was mixed with fresh pine needles, fed into a granulator and granulated. The resulting granules had 4 mm diameter and were up to 5 mm long. Including granulated biologically active feed supplements made from extruded white lupine and pine needles in the cows' diet, in addition to the farm's regular diet, increased total calcium levels to optimal values. By the end of the experiment, the difference between the control and group 3 was 17%, while the difference between experimental groups 1 and 3 was 9%. Inorganic phosphorus contents before and during the

experiment in all groups was at the lower physiological norms; however, with the use of the proposed supplements, its value increased and reached optimal levels. On the 30th day of the experiment the difference between the control and group 3 was -25.7 %, and between groups 1 and 3 it was -16.3%.

**Keywords:** mineral metabolism, Holstein cows, industrial maintenance, extruded lupine, pine needles, extrusion.

**For citation:** Yarovan N.I., Fyodorova T.N., Menyakina A.G. Extrusion-based production of plant-derived granulated supplements and their effect on calcium and phosphorus levels in high-yielding cows // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. No. 1 (113). P. 36-40.

**Введение.** Нарушения в минеральном обмене являются одним из мощных факторов, препятствующих реализации генетически детерминированной высокой продуктивности дойных коров. Такие нарушения объясняются продолжительным недостаточным поступлением минеральных элементов в организм животного с кормами. Использование несбалансированных рационов высокоудойным коровам по отдельным минеральным элементам способствует развитию серьезных патологий и снижению молочной продуктивности. В разные периоды жизни коров каждый отдельный минеральный элемент играет особую роль в состоянии физиолого-биохимического статуса. В качестве маркеров состояния организма животного, протекания обменных процессов, а в частности минерального обмена, используются показатели крови [1,2].

В животном организме макроэлемент кальций участвует в регуляции мышечной деятельности, способствует увеличению защитной функции, снижая мембранную проницаемость вредных соединений и усиливая фагоцитарную активность лейкоцитов, и обеспечивает лучшее функционирование целлюлозолитических бактерий, находясь в комплексе с витамином D. [3,4].

Большое сродство кальция и белков обеспечивает устойчивость коллоидного состояния белков. треть от общего количества кальция в сыворотке крови не диффундирует, а это значит, что 0,8 миллимоля кальция, содержащегося в 1 литре сыворотки, находится в связанном состоянии с белком. Даже при содержании кальция менее 1 мг в 100 г сыворотке крови активируется фермент протромбиназа, вследствие чего из протромбина образуется тромбин. Потребности кальция лактирующим коровам с живой массой 600 кг при жирномолочности -3,5 % представлен в трудах Васильевой С.В. [5].

Фосфор является одним из основных эссенциальных элементов организма животных и тесно связан с обменом кальция, по уровню неорганического фосфора судят и о кальциевом обмене. Оптимальное соотношение этих элементов особенно важно для лактирующих коров, так как фосфор участвует в образовании жира молока. В кишечнике фосфорилирование обеспечивает абсорбцию жирных кислот с образованием лецитинов. Фосфор участвует в формировании костей и мышц, обмене углеводов, липидов и энергии, входит в состав АТФ и участвует в биосинтезе белка. В организме животных он представлен неорганическими фосфатами и органическими соединениями: фитатами, фосфолипидами и фосфопротеидами. Исследованиями М. Ф. Томма установлено, что 1 кг молока способен выделить около 1 г фосфора, в связи, с чем для производства 1-го кг молока корова должна получить с кормом от 3,2 до 3,5 г фосфора.

Большинство исследований на коровах сосредоточено на потребностях в белке и энергии, тогда как микроэлементы часто недооцениваются, что приводит к нарушениям минерального обмена из-за взаимодействия минералов в кормах и воде. Для повышения минерального обмена и молочной продуктивности актуально применение специализированных кормовых добавок. Подбор их состава и дозировки требует анализа крови, так как усвоение минеральных веществ у коров оценивают по биохимическому составу сыворотки крови. В связи с этим изучение биохимического состава крови дойных коров с целью оценки минерального обмена является актуальной задачей животноводства. [6-12].

**Цель исследований** – получить растительные гранулированные добавки с помощью экструдирования и выявить влияние включения дополнительно к основному рациону хозяйства кормовых гранулированных добавок на основе экструдированного люпина белого и хвои сосны на содержание кальция и фосфора в крови у высокоудойных коров голштинской породы в условиях промышленного комплекса при привязном содержании в зимний стойловый период.

**Задачи исследования:** 1. Получить растительные гранулированные добавки с помощью экструдирования люпина белого и дальнейшего его гранулирования;

2. Изучить содержание кальция и фосфора в сыворотке крови лактирующих коров при привязном содержании в зимний стойловый период;

3. Проанализировать изменения уровня ионов кальция и фосфора у коров при включении в рацион минеральных кормовых гранулированных добавок на основе экструдированного люпина белого и хвои сосны дополнительно к основному рациону хозяйства.

**Методы исследований.** Эксперимент проводили на базе ООО «Стрелецкое», Орловской области, д. Истомино.

В проводимом эксперименте изучали сыворотку крови коров, которую получали при использовании вакуумных систем с активатором свертывания крови. Сыворотку крови исследовали с помощью автоматического биохимического анализатора «EOS Bravo forte» (Производитель: Hospitex Diagnostics, Италия) на показатели общего кальция и неорганического фосфора с использованием наборов реактивов Диакон-ДС.

Экструзию и гранулирование зерна для улучшения использования зерновых добавок при кормлении проводили с учётом данных исследований Погосяна Д. Г. [11]

Для проведения исследований были сформированы по принципу пар - аналогов 4 группы коров 2-й лактации по 5 голов в каждой.

1. Коровам первой группы (контрольной) давали основной корм хозяйства;
2. Коровам второй группы (опытной №1) скармливали дополнительно к основному рациону гранулированную добавку на основе экструдированного люпина белого в количестве 2000г на гол.;
3. Коровам третьей группы (опытной №2) скармливали дополнительно к основному рациону гранулированную добавку на основе экструдированного люпина белого (в количестве 1750г) и хвои сосны (в количестве 150 гр.), что составило их общее количество 2000г на голову.
4. Коровам четвертой группы (опытной №3) скармливали дополнительно к основному рациону гранулированную добавку на основе экструдированного люпина белого (в количестве 1800г) и хвои сосны (в количестве 200 гр.), что составило их общее количество 2000г на голову.

До начала кормления минеральными кормовыми гранулированными добавками из экструдированного люпина белого и хвои сосны в дополнение к рациону хозяйства и далее каждые 10 дней на протяжении месяца, забирали кровь из хвостовой вены. В эксперименте использовали стандартные, общепринятые методики [13].

**Результаты собственных исследований.** В эксперименте проводили экструдирование зерна люпина белого сорта «Мичуринский». Измельченное в зернодробилке зерно люпина увлажняли в большой емкости из расчета влаги 10–15% от объёма сырья. Затем пропускали через кормовой одноструевый экструдер марки КЭШ-1, модель ЭК-ТУ 28.93.13.001–21520712–2017, производительностью 30–50 кг/ч, потребляемой мощностью 5,7 кВт, при контролируемой максимальной температуре, которая достигала 116°C. В экструдере увлажненная масса зерна трамбуется и на выходе после воздействия высокого давления резко вспучивается. Продукт образуется в виде трубочки с тонкими стенками до 2мм (рис 1), далее проводили смешивание экструдированного продукта со свежей хвоей сосны, пропускали через гранулятор, продукт гранулируется, и в результате получали гранулы диаметром 4мм и длиной до 5 мм (рис 2).



Рисунок 1. Процесс экструдирования



Рисунок 2. Гранулированный продукт

При контролируемой температуре до 116°C и образующемся в шнеке давлении и трении образуется гомогенная масса, которая на выходе подвергается резкому снижению температуры и давления, что сопровождается вспучиванием (взрывом). Полученный продукт на основе экструдированного люпина белого и хвои сосны был использован в эксперименте, направленном на повышение показателей кальция и фосфора в сыворотке крови дойных коров, результаты представлены в таблице 1.

Данные исследований сыворотки крови животных до начала эксперимента показали, что содержание кальция в среднем составило - 2,1 ммоль/л, что было равно ниже нижней границы физиологической нормы, содержание неорганического фосфора находилось в пределах физиологической нормы 1,8 ммоль/л. Однако, при этом было нарушено кальциево-фосфорное соотношение во всех пробах крови (таблица 2). Учитывая, что соотношение кальция к фосфору должно равняться в норме 1,5–1,8 у. е., в организме следует регулировать это соотношение.

Таблица 1. Содержания кальция и фосфора в сыворотке крови коров при скармливании гранулированных кормовых добавок на основе экструдированного люпина белого и хвои сосны, (M±m).

Опытные группы	Физиологическая норма показателя, ммоль/л	До начала кормления	На 10-й день кормления	На 20-й день кормления	На 30-й день кормления
Контроль, (ОР)	Кальций (Ca <sup>2+</sup> ) 2,5 – 3,80	2,1±0,01	3,0±0,22	2,8±0,18	2,9±0,38
	Фосфор (P) 1,45 – 2,50	1,8±0,06	1,7±0,05	1,9±0,09	1,8±0,03
Группа №1, ОР + ЭкГЛБ 2000г	Кальций (Ca <sup>2+</sup> ) 2,5 – 3,80	2,1±0,01	2,9±0,21	3,0±0,05	3,2±0,04
	Фосфор (P) 1,45 – 2,50	1,9±0,17	2,1±0,09	2,2±0,24	2,0±0,15
Группа №2, ОР + ЭкГЛБ+ХС (150г) 2000г	Кальций (Ca <sup>2+</sup> ) 2,5 – 3,80	2,3±0,02	3,0±0,08	3,2±0,04	3,4±0,11
	Фосфор (P) 1,45 – 2,50	2,0±0,26	2,1±0,16	2,1±0,09	2,4±0,11
Группа №3, ОР +ЭкГЛБ+ХС (200г) 2000г	Кальций (Ca <sup>2+</sup> ) 2,5 – 3,80	2,2±0,03	3,1±0,05	3,3±0,10	3,5±0,07
	Фосфор (P) 1,45 – 2,49	1,4±0,13	2,0±0,06	2,2±0,09	2,4±0,18

Таблица 2. Показатели кальциево-фосфорного соотношения в крови голштинских коров.

Физиологическая норма показателя, ммоль/л	Опытные группы	До начала кормления	На 10-й день кормления	На 20-й день кормления	На 30-й день кормления
Кальций: Фосфор, 1,5-1,8 у.е	Контроль	1,2	1,4	1,4	1,4
	Опыт 1 (ЭкГЛБ)	1,1	1,4	1,4	1,6
	Опыт 2 ОР+ЭкГЛБ+ХС(150г) 2000г	1,1	1,4	1,5	1,5
	Опыт 3 ОР+ЭкГЛБ+ХС(200г) 2000г	1,5	1,6	1,5	1,6

Включение в рацион коров гранулированных биологически активных кормовых добавок из экструдированного люпина белого и хвои сосны дополнительно к рациону хозяйства привело к увеличению до оптимальных значений содержание общего кальция. В опытной группе № 1 его содержание стало выше на 3,2 ммоль/л (34,3%); опытной группе № 2 на -3,4 ммоль/л (32,8%); опытной группе № 3 на -3,5 ммоль/л (38,6, %) относительно начала кормления. К концу эксперимента разница между контролем и группой №3 составила 17%, а разница между опытной группой №1 и №3—9%.

Содержание неорганического фосфора до начала эксперимента и на протяжении исследования во всех группах соответствовало нижним физиологическим нормам, однако, при использовании предлагаемых добавок его значение увеличилось и достигло оптимальных значений. Разница между контролем и группой №3 на 30-ый день эксперимента составила -25,7%, группами №1 и №3 составила 16,3%. В конце опыта во всех опытных группах соотношение кальция и фосфора в среднем составило 1,6 у. е., что значительно приблизило их соотношение к середине физиологической нормы.

**Вывод.** Результаты анализа минерального профиля сыворотки крови выявили положительную динамику по изучаемым показателям при скармливании коровам предлагаемой добавки. Включение гранулированной добавки на основе экструдированного люпина белого (1800г) и хвои сосны (200г) в общем количестве 2000г на голову дополнительно к основному рациону хозяйства (опытная группа № 3) позволило привести показатели минеральных элементов кальция и фосфора сыворотки крови к верхним физиологическим нормам. Дефицит общего кальция был устранен за счет включения изучаемых минеральных добавок.

#### Список источников

1. Оценка и оптимизация минерального обмена лактирующих коров / С.Н. Белова, О.В. Смолоская, В.А. Плешков, А.В. Семечкова // Пермский аграрный вестник. 2022. № 3 (39). С. 46-54.
2. Показатели минерального обмена в послелетельный период при разной воспроизводительной способности коров / А.А. Соломахин, О.С. Митяшова, Р.А. Рыков и др. // Молочное и мясное скотоводство. 2020. № 2. С. 46-49.

3. Значение компонентов полноценности кормления лактирующих коров / Л.Н. Гамко, А.Г. Менякина, В.Е. Подольников, Е.А. Мицурина // Вестник аграрной науки. 2023. № 4 (103). С. 65-70.
4. Нарушение фосфорно-кальциевого обмена у крупного рогатого скота / М.Н. Мусаева, А.А. Алиев, А.Ю. Алиев и др. // Ветеринария. 2021. № 9. С. 45-47.
5. Васильева С.В. Исследование минерального обмена у коров с разной молочной продуктивностью // Академическая публицистика. 2019. № 12. С. 264-266.
6. Эффективность применения белкового концентрата в рационах высокопродуктивных коров / Н.П. Буряков, М.А. Бурякова, А.С. Заикина и др. // Кормление сельскохозяйственных животных и кормопроизводство. 2021. № 2 (187). С. 15-25.
7. Обмен веществ коров при скармливании премиксов на основе лесной биомассы и природных минералов / В.А. Терещенко, Е.А. Иванов, Ю.Г. Любимова и др. // Ветеринария и кормление. 2022. № 3. С. 66-70.
8. Профилактика нарушений минерального обмена у высокопродуктивных коров в период сухостоя / А.И. Саханчук, Е.Г. Кот, Т.Г. Козинец и др. // Зоотехническая наука Беларуси. 2012. Т. 47, № 2. С. 256-265.
9. Effects of injectable calcitriol on mineral metabolism and postpartum health and performance in dairy cows / G. Vieira-Neto, R. Negro, M. Zimpel et al. // Journal of Dairy Science. 2021. Volume 104, Issue 1. pp. 683-701.
10. Применение белкового концентрата из белого люпина и мясокостной муки в кормлении лактирующих коров / Н.П. Буряков, М.А. Бурякова, А.С. Заикина и др. // Главный зоотехник. 2021. № 3 (212). С. 14-27.
11. Погосян Д.Г. Использование защищенного протеина в кормлении крупного рогатого скота: монография. Пенза:РИО ПГСХА, 2011. 142 с.
12. Mineralnyj obmen u laktiruyushchih korov pri ispolzovanii sapropelya i defekata (Mineral metabolism in lactating cows using sapropel and defecation) / M.V. Bazylev, D.T. Sobolev, E.A. Lyovkin et al. // Zootekhnicheskaya nauka Belarusi. 2019. Т. 54, No 1. pp. 200-207.
13. Малявко И. В., Гамко Л.Н., Малявко В.А. Современные методы и основы научных исследований в животноводстве. СПб.: Изд-во «Лань», 2022. 180 с.

**Информация об авторах:**

**Н.И. Ярован** - доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой химии ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, n.yarovan@yandex.ru.

**Т.Н. Федорова** – аспирант ФГБОУ ВО Орловский ГАУ, tatyana-fedor2014@yandex.ru.

**А.Г. Менякина** - доктор сельскохозяйственных наук, заведующий кафедрой кормления животных, частной зоотехнии и переработки продуктов животноводства ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, menyakina77@yandex.ru.

**Information about the authors:**

**N.I. Yarovan** - Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Chemistry Oryol State Agrarian University, n.yarovan@yandex.ru.

**T.N. Fyodorova** - Postgraduate Student Oryol State Agrarian University, tatyana-fedor2014@yandex.ru.

**A.G. Menyakina** - Doctor of Agricultural Sciences, Head of the Department of Animal Feeding, Private Animal Husbandry and Animal Products Processing Bryansk State Agrarian University, menyakina77@yandex.ru

Все авторы несут ответственность за свою работу и представленные данные. Все авторы внесли равный вклад в эту научную работу. Авторы в равной степени участвовали в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors are responsible for their work and the data provided. All authors have made an equal contribution to this scientific work. The authors were equally involved in writing the manuscript and are equally responsible for plagiarism. The authors declare that there is no conflict of interest.

**Статья поступила в редакцию 12.01.2026, одобрена после рецензирования 21.01.2026, принята к публикации 28.01.2026.**

**The article was submitted 12.01.2026, approved after reviewing 21.01.2026, accepted for publication 28.01.2026.**

© Ярован Н.И., Федорова Т.Н., Менякина А.Г.