Affiliations

Dorovskikh Vladimir – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher of the Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use machinery and Petroleum products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: dorovskikh50@mail.ru.

Shulaev Gennady – Candidate of Agricultural Sciences, Leading Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for the Use of Technics and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: tniij@yandex.ru.

Milushev Rinat – Full Doctor of Agricultural Sciences, Chief Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: july1931@yandex.ru.

Zharikov Vadim – younger scientific employee of the Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use machinery and Petroleum products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: vadim_688@bk.ru.

Поступила в редакцию (Received): 02.12.2021 Принята к публикации (Accepted): 20.12.2021

УДК 636.034

DOI: 10.35887/2305-2538-2021-6-95-100

ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПРИРОДНОГО МИНЕРАЛА В ЖИВОТНОВОДСТВЕ

¹Филиппова Ольга Борисовна

¹ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»

Реферат. В продуктах, получаемых от сельскохозяйственных животных и птицы, законодательно установлен предельно допустимый уровень содержания различных поллютантов, к которым относится ряд металлов. С целью устранения избыточного количества металлов, попадающих в организм животных с кормами и водой, применяют специальные кормовые добавки – сорбенты. К таким сорбентам, которые пригодны для внутреннего применения в животноводстве, относится природный минерал глауконит. Сорбционная активность глауконита проявляется только по отношению к ионам металлов и соединениям с небольшой молекулярной массой. В работе представлены результаты экспериментального кормления дойных коров в течение 19 дней глауконитом Бондарского месторождения в качестве кормовой добавки-сорбента. Для исследований были сформированы три группы коров. Первая группа служила контролем. Вторая группа получала ежедневно энтеросорбент в составе концентрированных кормов по 50 г на голову, третья группа – по 100 г на голову. Определено содержание некоторых металлов в молоке коров (в золе сухого вещества). Использованы методы рентгенофлуоресцентного анализа и газожидкостной хроматографии. При отсутствии техногенного загрязнения кормов металлами глауконит не влияет на содержание в молоке меди, хрома, кобальта. Концентрации цинка, стронция, марганца и железа в молоке коров 2-й опытной группы через 19 дней скормливания энтеросорбента был ниже соответственно на 25, 11, 20 и 17% относительно показателей контрольной группы в тот же период. Соответственно у коров 3-й группы эти различия с контрольными значениями составили 5,4, 5,2, 9,6 и 2,2%.

Ключевые слова: глауконит, сорбент, молоко коров, металлы.

PRACTICAL USE OF SORPTION PROPERTIES OF NATURAL MINERAL IN LIVESTOCK

¹Filippova Olga

¹FSBSI "All-Russian Research Institute for the Use of Technology and Oil Products in Agriculture"

Abstract. *In products obtained from farm animals and poultry, the maximum permissible level of the content of various pollutants, which include a number of metals, is legally established. In order to eliminate the excess amount of metals entering the body of animals with feed and water, special feed additives – sorbents are used. Such sorbents, which are suitable for internal use in animal husbandry, include the natural mineral glauconite. The sorption activity of glauconite is manifested only in relation to metal ions and compounds with a small molecular weight. The paper presents the results of experimental feeding of dairy cows for 19 days with glauconite from the Bondarskoye deposit as a feed additive-sorbent. Three groups of cows were formed for research. The first group served as a control. The second group received 50 g per head of enterosorbent daily as part of concentrated feeds, the third group received 100 g per head. The content of some metals in cow's milk (in dry matter ash) has been determined. Methods of X-ray fluorescence analysis and gas-liquid chromatography were used. In the absence of technogenic contamination of feed with metals, glauconite does not affect the content of copper, chromium, cobalt in milk. The concentration of zinc, strontium, manganese and iron in the milk of cows of the 2nd experimental group after 19 days of feeding the enterosorbent was lower by 25, 11, 20 and 17%, respectively, relative to the indicators of the control group in the same period. Accordingly, in cows of the 3rd group, these differences with the control values were 5.4, 5.2, 9.6 and 2.2%.*

Keywords: *glauconite, sorbent, cow's milk, metals.*

Введение. Продукты, получаемые от сельскохозяйственных животных и птицы, прежде чем дойти до потребителя, проходят контрольное испытание химического и санитарно-биологического состава. В том числе законодательно установлен уровень содержания в них различных поллютантов, к которым относится ряд металлов. Получение экологически безопасной продукции в животноводческой отрасли достигается нормированием (контролем) содержания тяжелых металлов и их соединений в кормах и воде, потребляемых животными. Чаще всего уровень содержания металлов-поллютантов в кормовых растениях повышается в результате загрязнения почвы под влиянием антропогенных факторов.

В настоящее время в животноводстве повсеместно применяются кормовые добавки к основному рациону. Их функциональное значение различно и зависит от особенностей технологии кормления животных на конкретном животноводческом предприятии. В частности, с целью обезвреживания разнообразных токсинов, антипитательных веществ, металлов-поллютантов, попадающих в организм животных с кормами и водой, применяют специальные кормовые добавки – сорбенты. Принято сорбенты, используемые для внутреннего применения, называть энтеросорбентами.

Энтеральное использование сорбентов, как в гуманной, так и ветеринарной медицине позволяет ограничить и даже полностью исключить применение химиотерапевтических средств, в том числе и антибиотиков. В последнее время при многих заболеваниях и функциональных нарушениях в организме животных основным методом лечения становится энтеросорбция.

Материалом для сорбирующих добавок служат различные продукты переработки растительного сырья (лигнины, целлюлоза, активированный уголь, пектины), а также природные минералы (алюмосиликаты, цеолиты, глаукониты и другие). В нашей стране и в целом в мировой практике накоплен большой опыт применения природных глин для решения экологических задач очистки загрязнений окружающей среды [1]. В этом направлении ведутся многочисленные научные исследования, так как сорбенты природного происхождения используются повсеместно, что требует детального изучения их сорбционных свойств [2, 3]. Актуальна также всесторонняя оценка новых сорбционных материалов, используемых энтерально, в том числе анализ их возможности связывать продукты метаболизма для удаления из организма.

Глинистый минерал глауконит относится к группе алюмосиликатов осадочного происхождения и обладает уникальными сорбционными свойствами. Для минералов этой группы характерна одна физико-химическая особенность – в них одновременно протекают молекулярно-адсорбционные и обменные процессы. Кроме того, кристаллы глауконита обладают округлой формой, не содержат острых иглоподобных структур. Данное свойство является их преимуществом перед другими видами природных минералов, так как при приеме внутрь в качестве кормовой добавки не могут механически повредить слизистую оболочку желудочно-кишечного тракта. Размер пор глауконита достаточно мал – около 4 ангстрем, поэтому его сорбционная активность проявляется только по отноше-

нию к ионам металлов и соединениям с небольшой молекулярной массой (метан, сероводород, аммиак). С органическими веществами большой молекулярной массы, например белками и витаминами, минерал не вступает в прямое взаимодействие.

Сорбционные характеристики глауконита Бондарского месторождения изучались в различных экспериментах [4, 5]. Согласно проведенным исследованиям минерал может использоваться при очистке воды и снижения уровня ее жесткости до нормативных требований. Установлено, что обменная ёмкость глауконита зависит от величины pH раствора. Например, в щелочной среде она увеличивается, а в кислой – снижается. При увеличении pH с 6,5 до 10 возрастает и способность катионов металлов к извлечению на 7-10% [6, 7].

Однако сдерживает повсеместное использование природных глин в качестве кормовых добавок их избыточная адсорбционная ёмкость, в результате которой снижается биодоступность металлов-нутриентов (макро- и микроэлементов), получаемых с кормом и необходимых для нормального функционирования организма животных. Следует также учитывать, что процесс сорбции в условиях пищеварительного тракта проходит в меняющейся среде и включает широкий спектр потенциальных сорбатов. В частности, в начальных отделах пищеварительного тракта присутствует слабокисло-нейтральная среда – pH 6,1-6,9, что обусловлено влиянием слюны, содержащей большое количество биохимических компонентов щелочной реакции. В желудке, в частности в рубце и сычуге жвачных животных, к которым относится крупный рогатый скот, реакция среды уже более кислая – pH 4,3-5,2, так как сычужный сок содержит свободную HCl в концентрации 0,12-0,46 %. Кроме того, в этих отделах образуется много органических веществ, обладающих кислой реакцией, и активно протекают процессы микробиальной ферментации. А в тонком отделе кишечника реакция среды опять меняется на слабощелочную (pH 8,2-8,7) благодаря выделению желчи, сока поджелудочной железы, в состав которого входят бикарбонаты.

Ионообменные свойства глауконита Бондарского месторождения при использовании его в качестве кормовой добавки позволяют ему взаимодействовать с ионами металлов, находящихся в пищеварительном тракте животных, скапливать их на своей активной поверхности и выводить из организма с экскрементами. Исследования, проведенные на телятах, показали, что применение концентрата глауконита увеличило выведение никеля на 60 %, свинца – на 36 %, цинка – на 18 %, меди – на 13 % [8, 9].

Цель исследований заключалась в экспериментальном обосновании использования природного минерала глауконита в качестве энтеросорбента в рационах дойных коров.

Материал и методы исследования. В работе использован концентрат глауконита (95 %) Бондарского месторождения Тамбовской области, модифицированный химическим способом (перевод в Na-форму). Подготовка глауконита осуществлялась в ёмкости объёмом 30 литров с установленной в ней мешалкой на электрическом приводе. Алгоритм процесса подготовки разработан профессором, доктором химических наук В.И. Вигдоровичем:

- 1) 1,5 кг 50%-го глауконита + 30 л 0,1M NaOH – перемешивание в течение 20 мин., промывка водой через фильтр.
- 2) Глауконит + 30 л 0,1M HCl – перемешивание в течение 20 мин.
- 3) Промывка водой через фильтр до уровня pH 5-6.
- 4) Глауконит + 30 л 3M NaCl – перемешивание в течение 60 мин., промывка водой через фильтр.
- 5) Сушка глауконита при температуре 65°C.

Для выполнения задач по практическому использованию модифицированного глауконита в качестве энтеросорбента была проведена серия научно-хозяйственных опытов на телятах и дойных коровах. В частности, на базе племенного завода АО «Комсомолец» Мичуринского района Тамбовской области в соответствии с требованиями по подбору аналогов, соблюдения условий кормления и содержания были сформированы 3 группы лактирующих коров симментальской породы: 1 – контрольная; 2 – I опытная; 3 – II опытная. В таблице 1 представлены условия проведения эксперимента и особенности кормления животных в группах.

Таблица 1 – Схема научно-хозяйственного опыта на дойных коровах по испытанию глауконита в качестве энтеросорбента

Группа	Период учета показателей, сутки	Период опытного скормливания, сутки	Особенности кормления
1 – Контрольная	35	-	Основной рацион
2 – Опытная I	35	19	Основной рацион + энтеросорбент по 50 г на голову в сутки
3 – Опытная II	35	19	Основной рацион + энтеросорбент по 100 г на голову в сутки

Основной рацион включал сено костречное, сенаж злаково-бобовый, силос кукурузный, шрот подсолнечниковый и зерновая смесь. Рационы животных, участвующих в эксперименте, по содержанию питательных веществ и их соотношению соответствовали рекомендованным нормам кормления коров живой массой 600 кг и среднесуточным удоем 24 кг.

Методы определения металлов в золе сухого вещества (СВ) кормов и молока: рентгенофлуоресцентный анализ с использованием спектрометра «Спектроскан Макс-GV»; газожидкостная хроматография – на хроматографе «Кристаллюкс 4000м», обработка хроматограмм – с использованием программного обеспечения «Net Chrom 2.1».

Статистическая обработка результатов экспериментов проведена с помощью программного приложения Microsoft Excel с использованием критерия Стьюдента (t). Различия между изучаемыми показателями рассматривались как статистически значимые, начиная с уровня вероятности ошибки $p \leq 0,05$.

Результаты исследования. Анализ кормов, используемых в основном рационе коров, показал дефицит содержания меди (< 5 мг/кг СВ), марганца и цинка (< 20 мг/кг СВ). Содержание железа обнаружено в пределах нормы (50-240 мг/кг СВ). Также не превышало предельно допустимые концентрации содержание некоторых металлов-поллютантов – никеля (до 8,1 мг/кг СВ) и свинца (2-14 мг/кг СВ) [10]. Содержание хрома (норма: 0-0,5 мг/кг СВ) и кобальта (норма: 0-2 мг/кг СВ) в большинстве кормов было незначительным, т.е. за пределами чувствительности метода определения.

В таблицах 2-3 представлены результаты определения металлов в молоке коров до экспериментального кормления, в конце опыта и через 2 недели после его завершения. Анализ показал, что содержание в молоке таких ультрамикроэлементов, как хром, кобальт и никель имело большую вариабельность значений, которая могла быть обусловлена колебаниями концентрации этих элементов в кормах. Содержание меди в молоке коров опытных групп (2 и 3) в период скормливания сорбента было меньше относительно показателя контрольной группы на 20,6 и 5,4%. При этом различия в содержании этого элемента между группами в периоды без использования энтеросорбента достигали 8,6 и 29%, что указывало на случайный характер его выделения с молоком.

Таблица 2 – Содержание металлов Cr, Co, Ni и Cu в молоке (в золе)

Период опыта	Группа	Элементы, мкг/г			
		Cr	Co	Ni	Cu
(0) Перед опытом	1	21,8 ± 3,8	166,4 ± 8,3	51,7 ± 5,6	406,4 ± 21,2
	2	11,6 ± 2,4	175,6 ± 17,1	21,8 ± 1,1	406,3 ± 23,2
	3	35,9 ± 3,0	160,8 ± 13,4	34,8 ± 2,8	371,7 ± 18,6
(1) Через 19 дней кормления	1	28,9 ± 2,9	154,1 ± 4,3	28,7 ± 2,0	371,8 ± 8,4
	2	4,4 ± 1,6	155,1 ± 6,3	34,6 ± 2,5	295,1 ± 10,6
	3	25,8 ± 6,9	143,7 ± 9,8	18,9 ± 0,8	321,5 ± 15,3
(2) Через 2 недели после окончания	1	31,7 ± 7,6	151,7 ± 19,8	84,7 ± 12,6	388,7 ± 39,2
	2	28,9 ± 3,6	124,2 ± 4,8	56,8 ± 6,1	351,6 ± 15,4
	3	7,0 ± 2,8	108,3 ± 6,7	22,2 ± 0,5	275,5 ± 8,5

Таблица 3 – Содержание металлов Zn, Sr, Mn и Fe в молоке (в золе)

Период опыта	Группа	Элементы, мкг/г			
		Zn	Sr	MnO	Fe ₂ O ₃
(0) Перед опытом	1	1701,1 ± 90,9	894,1 ± 18,3	132,1 ± 7,6	4,23 ± 0,20

	2	1786,7 ± 163,5	937,5 ± 17,8	179,8 ± 19,4	4,52 ± 0,33
	3	1714,8 ± 138,5	915,5 ± 13,5	180,9 ± 8,3	4,08 ± 1,62
(1) Через 19 дней кормления	1	1665,3 ± 188,3	939,4 ± 4,1	161,9 ± 3,9	4,03 ± 0,05
	2	1252,7 ± 60,3	836,1 ± 94,3	129,7 ± 4,3	3,33 ± 0,09
	3	1575,0 ± 85,9	890,4 ± 14,3	146,3 ± 12,0	3,45 ± 0,16
(2) Через 2 недели после окончания	1	1583,6 ± 191,6	831,6 ± 84,4	202,3 ± 24,3	3,86 ± 0,36
	2	1313,9 ± 32,1	876,7 ± 22,5	136,6 ± 7,5	3,38 ± 0,09
	3	1164,8 ± 68,4	812,0 ± 15,1	127,2 ± 5,7	3,08 ± 0,32

Уровень содержания цинка, стронция, марганца и железа в молоке коров 2-й опытной группы через 19 дней скармливания энтеросорбента был ниже соответственно на 25, 11, 20 и 17% относительно показателей контрольной группы в тот же период, у коров 3-й группы – на 5,4, 5,2, 9,6 и 2,2% соответственно. Однако разница в содержании этих металлов между группами в начальный период также составляла 4,8 (цинк), 4,6 (стронций), 27 (марганец) и 10% (железо). Следует отметить, что содержание свинца в молоке коров находилось ниже предела чувствительности метода определения во все исследуемые периоды, что было обусловлено его низкой концентрацией в кормах.

Выводы. Таким образом, в условиях отсутствия техногенного загрязнения кормов металлами, как в нашем опыте, скармливание коровам кормового энтеросорбента, приготовленного из глауконита Бондарского месторождения, существенно не влияет на содержание в молоке таких металлов-нутриентов, как медь, хром, кобальт, марганец. При этом концентрации цинка и железа, а также стронция в молоке в результате использования природного минерала в рационах в течение 19 дней снизились на 2-25%.

Список литературы

1. Almeida Neto M.L., Veira M.G.A., da Silva M.G.C. Adsorption and desorption processes for copper removal from water using different eluente and calcined clay as adsorbent // Journal Water Process Engineering. 2014. Vol. 3. № 1. P. 90-97.
2. Рябинина Е.И., Зотова Е.Е., Пономарева Н.И. Изучение адсорбционной активности энтеросорбентов различной природы по отношению к катионам свинца // Вестник Воронежского ГУ. Серия: Химия, Биология, Фармация. 2016. № 1. С. 21-24.
3. Наноструктурный сапропель: изготовление, изучение физико-химических свойств и определение безопасных доз применения / В.О. Ежков, Р.Н. Файзрахманов, Е.В. Семакина, Д.В. Ежкова, А.М. Ежкова // Вестник Казанского технологического университета. 2016. Т. 19. № 20. С. 172-176.
4. Использование глауконита Бондарского месторождения в качестве безрегенерационного сорбента при умягчении питьевых и котельных вод / В.И. Вигдорович, О.Б. Филиппова, Н.В. Шель, Л.Е. Цыганкова, И.В. Морщинина, А.И. Фролов // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2015. Т. 20. Вып. 6. С. 1816-1829.
5. Глауконит, как экологически безопасный сорбент для умягчения питьевой и питательной котельной воды / В.И. Вигдорович, Л.Е. Цыганкова, О.Б. Филиппова, Н.В. Шель, М.Н. Есина, А.И. Фролов // Химическая технология. 2016. Т. 17. № 3. С. 129-137.
6. Effect of Indifferent Electrolyte Concentration, Sorbent Thermal Treatment, pH, and the Nature of Ligands on the Sorption of Cu(II) Cations by Glaucinite from Nitrate Solution / V.I. Vigdorovich, A.V. Boldyrev, L.E. Tsygankova, A.A. Uryadnikov, M.N. Esina, N.V. Shel' // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. 2017. Vol. 51. № 5. P. 798-803.
7. Sorption of Metal Cations on Natural Sorbents: Current State, Problems and Prospects / V.I. Vigdorovich, L.E. Tsygankova, N.V. Shel', M.N. Esina, M.S. Osmutkov, Ya.A. Pustynnikov // Polymer Science. Series D. 2017. Vol. 10. № 4. P. 341-346.
8. Филиппова О.Б., Кийко Е.И., Маслова Н.И. Сорбция металлов на глауконите в условиях желудочно-кишечного тракта телят // Российский сельскохозяйственный журнал. 2019. № 5. С. 44-48.
9. Enterosorbent for farm animals / O. Filippova, E. Kiyko, A. Zazulya, N. Maslova // XII International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry IOP Conftrtnce Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 403. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/403/1/012142>

10. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. – Новосибирск: Наука, 1991. 151 с.

References

1. Almeida Neto M.L., Veira M.G.A., da Silva M.G.C. Adsorption and desorption processes for copper removal from water using different eluente and calcined clay as adsorbent // *Journal Water Process Engineering*. 2014. Vol. 3. № 1. P. 90-97.
2. Rjabinina E.I., Zotova E.E., Ponomareva N.I. Izuchenie adsorbicijnoj aktivnosti jentersorbentov razlichnoj prirody po otnosheniju k kationam svinca // *Vestnik Voronezhskogo GU. Serija: Himija, Biologija, Farmacija*. 2016. № 1. S. 21-24.
3. Nanostrukturnyj sapropel': izgotovlenie, izuchenie fiziko-himicheskikh svojstv i opredelenie bezopasnyh doz primeneniya / V.O. Ezhkov, R.N. Fajzrahmanov, E.V. Semakina, D.V. Ezhkova, A.M. Ezhkova // *Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta*. 2016. T. 19. № 20. S. 172-176.
4. Ispol'zovanie glaukonita Bondarskogo mestorozhdenija v kachestve bezregeneracionnogo sorbenta pri umjagchenii pit'evykh i kotel'nykh vod / V.I. Vigdorovich, O.B. Filippova, N.V. Shel', L.E. Cygankova, I.V. Morshhinina, A.I. Frolov // *Vestnik Tambovskogo universiteta. Serija: Estestvennye i tehnicheckie nauki*. 2015. T. 20. Vyp. 6. S. 1816-1829.
5. Glaukonit, kak jekologicheskij bezopasnyj sorbent dlja umjagchenija pit'evoj i pitatel'noj kotel'noj vody / V.I. Vigdorovich, L.E. Cygankova, O.B. Filippova, N.V. Shel', M.N. Esina, A.I. Frolov // *Himicheskaja tehnologija*. 2016. T. 17. № 3. S. 129-137.
6. Effect of Indifferent Electrolyte Concentration, Sorbent Thermal Treatment, pH, and the Nature of Ligands on the Sorption of Cu(II) Cations by Glauconite from Nitrate Solution / V.I. Vigdorovich, A.V. Boldyrev, L.E. Tsygankova, A.A. Uryadnikov, M.N. Esina, N.V. Shel' // *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*. 2017. Vol. 51. № 5. P. 798-803.
7. Sorption of Metal Cations on Natural Sorbents: Current State, Problems and Prospects / V.I. Vigdorovich, L.E. Tsygankova, N.V. Shel', M.N. Esina, M.S. Osmutkov, Ya.A. Pustynnikov // *Polymer Science. Series D*. 2017. Vol. 10. № 4. P. 341-346.
8. Filippova O.B., Kijko E.I., Maslova N.I. Sorbcija metallov na glaukonite v uslovijah zheludochno-kishechnogo trakta teljat // *Rossijskij sel'skohozjajstvennyj zhurnal*. 2019. № 5. S. 44-48.
9. Enterosorbent for farm animals / O. Filippova, E. Kiyko, A. Zazulya, N. Maslova // *XII International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry IOP Conftrtnce Series: Earth and Environmental Science*. 2019. Vol. 403. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/403/1/012142>
10. Il'in V.B. Tjzhelye metally v sisteme pochva-rastenie. – Novosibirsk: Nauka, 1991. 151 s.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Филиппова Ольга Борисовна – доктор биологических наук, главный научный сотрудник, заведующая лабораторией технологии производства кормов и продуктов животноводства Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: filippova175@yandex.ru

Author credentials

Affiliations

Filippova Olga - Doctor of Biological Sciences, Chief Researcher, Laboratory of Feed and Animal Products Production Technology, Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Tambov, Russia, e-mail: filippova175@yandex.ru

Поступила в редакцию (Received): 30.11.2021

Принята к публикации (Accepted): 19.12.2021

УДК 621.899

DOI: 10.35887/2305-2538-2021-6-100-105

ПРОБЛЕМЫ И ЗАДАЧИ СНИЖЕНИЯ ИЗНОСА И КОРРОЗИИ ДЕТАЛЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ ЗЕРНОУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА В ПЕРИОД ДЛИТЕЛЬНОГО ПРОСТОЯ