

DOI: 10.15593/2224-9400/2019.1.7

УДК 631.895

П.В. Сквородников, М.В. ЧерепановаПермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь, Россия**ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ МЕЛАССЫ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ
ГРАНУЛИРОВАННОГО БИОГУМУСА, ПОЛУЧЕННОГО
МЕТОДОМ ОКАТЫВАНИЯ**

Увеличение спроса на органо-минеральные удобрения сельскохозяйственными организациями обусловлено их активным воздействием на процесс выращивания растительных культур. Наиболее эффективным средством является биогумус, в составе которого имеется комплекс высокомолекулярных органических соединений, питательных веществ, ферментов, макро- и микроэлементов.

Биогумус – рассыпчатая почвообразная масса с влажностью 65–70 %, что приводит к некоторым трудностям при использовании такого удобрения в промышленных масштабах. Из-за повышенного влагосодержания при нарушении условий хранения удобрение слеживается, происходит ухудшение качества продукта. Решить существующие проблемы позволяет гранулирование органо-минерального удобрения. В настоящее время применяются такие методы гранулирования, как экструзия, окатывание, формование, таблетирование и др., также возможно применение комбинирования этих методов.

Для улучшения физико-химических свойств удобрения в процессе гранулирования возможно применение различных жидкостей в качестве связующих веществ. Такие вещества способствуют более эффективному процессу гранулообразования. При добавлении связующего происходит распространение влаги в объеме шихты, в результате чего под действием адсорбционных, капиллярных и сил поверхностного натяжения происходит формирование мелких частиц в гранулы.

В связи с этим актуальным является исследование процесса гранулирования биогумуса с применением связующих веществ. Наибольший интерес представляет водный раствор мелассы, в связи широкой доступностью, низкой стоимостью и наличием ряда дополнительных питательных компонентов.

В данной работе исследовано влияние содержания и соотношений водного раствора мелассы (1:1, 2:1 и 3:1) на статическую прочность и выход гранул товарной фракции. Было установлено, что при содержании 1 % и соотношении компонентов в растворе 3:1 (вода:меласса) происходит улучшение характеристик в сравнении с гранулированным биогумусом без связующего. Так, статическая прочность увеличилась на 34 %, а выход гранул товарной фракции на 7 %, что составляет 29,4 Н/гранулу и 94,42 % соответственно.

Ключевые слова: гранулирование, окатывание, биогумус, меласса, гранула, связующие.

P.V. Skovorodnikov, M.V. Cherepanova

Perm National Research Polytechnic University,
Perm, Russian Federation

STUDYING THE IMPACT OF MOLASSES ON THE CHARACTERISTICS OF GRANULATED BIOHUMUS OBTAINED BY THE METHOD OF PELLETIZING

The increase in demand for organic fertilizer by agricultural organizations due to their active influence on the process of growing crops. The most effective means is biohumus, which contains a complex of high-molecular organic compounds, nutrients, enzymes, macro- and microelements.

Biohumus is a crumbly soil mass with a humidity of 65-70 %, which leads to some difficulties when using such fertilizer on an industrial scale. Due to the high moisture content, the fertilizer compresses, and if the storage conditions are violated, the quality of the product deteriorates. Solving existing problems allows granulation of organic fertilizer. At present, such granulation methods are used, such as extrusion, sanding, molding, tableting, etc., it is also possible to use a combination of these methods.

To improve the physicochemical properties of the fertilizer during the granulation process, it is possible to use various liquids as binders. Such substances contribute to a more efficient granulation process. When adding a binder, moisture is distributed in the bulk of the charge, as a result of which, under the action of adsorption, capillary and surface tension forces, small particles are formed into granules.

In this regard, it is important to study the process of granulation of vermicompost using binders. Of greatest interest is an aqueous solution of molasses, due to its wide availability, low cost and the wide range of additional nutrients available.

In this work, we studied the effect of the content and ratios of an aqueous solution of molasses (1:1, 2:1 and 3:1) on the static strength and the yield of granules of the product fraction. It was found that when the content of 1% and the ratio of components in a solution of 3:1 (water:molasses) there is an improvement in performance in comparison with granulated biohumus without a binder. Thus, static strength increased by 34 %, and the yield of commodity fraction granules by 7 %, which is 29.4 N/granule and 94.42 %, respectively.

Keywords: granulation, pelleting, biohumus, molasses, granule, binders.

Последние годы отмечается увеличение спроса на органо-минеральные удобрения сельскохозяйственными организациями. Так, по данным Федеральной службы государственной статистики, объем вносимых органо-минеральных удобрений в 2017 г. составил 66 597 тыс. т, это на 2,1 % больше объема используемых удобрений в предыдущем 2016 г. и на 16,4 % больше применяемых удобрений в 2013 г., когда объем используемых органо-минеральных удобрений составлял 55 685 тыс. т [1]. Такое явление объясняется достижением положительного экономического эффекта от реализуемой растительной продукции, произведенной на основе органо-минеральных удобрений [2].

Органическое удобрение может быть растительного, животного, бытового и промышленного происхождения. У каждого типа есть свои преимущества и недостатки, но среди всех видов удобрений наиболее универсальным является биогурус. Это органо-минеральное удобрение, продукт переработки органических отходов красными калифорнийскими червями (техническими червями), насыщенный продукт червяной микрофлоры, аминокислотами, ферментами, витаминами и другими биологически активными веществами [3–5]. Биогурус – почвообразная масса, не имеющая запаха и внешне похожая на грунт с содержанием влаги 65–70 %, что приводит к трудностям при использовании удобрения в промышленных масштабах. Если при нарушении условий хранения влагосодержание в продукте повысится, то качество биогуруса ухудшается, снижается активность удобрения. Могут возникать проблемы при транспортировании на дальние расстояния.

Добиться решения существующих проблем можно посредством гранулирования органо-минерального удобрения биогуруса. Возможно применение различных методов, таких как: экструзия, прессование, таблетирование, формование или окатывание [6, 7]. Наиболее целесообразно процесс гранулирования биогуруса вести, используя метод окатывания, так как данный метод позволяет осуществлять процесс в более щадящих условиях, что влияет на товарные характеристики продукта [8].

В лабораторных условиях была разработана методика гранулирования биогуруса. Смесь органо-минерального удобрения предварительно подформовывали в экструдере через матрицу с отверстиями, имеющими диаметр 7 мм. Затем отформованную смесь биогуруса загружали в барабанный гранулятор, в котором осуществляли окатывание при температуре 25 °С в течение 3 мин. После завершения окатывания полученные гранулы биогуруса помещали в сушильный шкаф и проводили сушку материала при 110 °С в течение 45–50 мин. Затем высушенный гранулят остужали и при помощи ситового анализа определяли гранулометрический состав. Размер гранул товарной фракции составляет +2,0–5,5 мм. Статическую прочность готовых гранул биогуруса измеряли на приборе ИПГ-1М. Характеристики гранулированного биогуруса, полученного методом окатывания, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики гранулированного биогуруса

Гранулометрический состав, %				Выход гранул товарной фракции, %	Средняя статическая прочность, Н/гранула	Средний размер гранул, мм
+5,5 мм	-5,5 +2,0 мм	-2,0 +1,0 мм	-1,0 +0,0 мм			
5,65	87,97	3,28	3,10	87,97	19,4±0,2	3,70

Из литературных источников известно, что процесс окатывания можно проводить по методу сухого гранулирования, хотя, как показывает практика, в основном применяется граничное или влажное гранулирование, т.е. использование в процессе окатывания различных жидких растворов в качестве связующих веществ. При добавлении жидкости в гранулируемую смесь капля под действием адсорбционных, капиллярных сил и сил поверхностного натяжения сильнее связывает мелкие частицы смеси, способствуя их усиленному связыванию в агрегаты [9]. Таким образом, гранулы готового продукта имеют более высокие физико-механические характеристики, чем гранулы продукта, полученного без использования связующих веществ.

В качестве исследуемого связующего вещества был выбран водный раствор мелассы. Меласса – это отход свеклосахарного производства, представляет собой густую сиропобразную жидкость коричневого или темно-бурого цвета со специфическим запахом жженой карамели [10]. В основном меласса содержит сахарозу, минеральные вещества и органические несахара, также обладает богатым составом различных аминокислот (табл. 2).

Таблица 2

Аминокислотный состав мелассы

Аминокислота	Содержание, % к массе мелассы	Аминокислота	Содержание, % к массе мелассы
Тирозин	0,8–0,9	Аспаргиновая кислота	0,2–0,5
Аланин	0,5–2,3	Аргинин + гистидин + лизин	Следы – 0,7
Треонин + глицин	0,2–0,9	Валин + метионин + триптофан	0,4–1,3
Глутаминовая кислота	0,6–1,8	Лейцин + изолейцин	0,6–2,9
Серин	0,7–2,5		

Сегодня в России на предприятиях по производству сахара получают достаточное количество мелассы, которая в дальнейшем никак не используется, однако она является ценным продуктом при производстве: хлебопекарных дрожжей, глицерина, ацетона, пищевых аминокислот лизина и метионина [11–13]. Хотя в большинстве случаев мелассу применяют как добавку к комбикорму, а также используют в качестве корма скоту.

Благодаря высокой вязкости меласса обладает сильным связывающим действием, поэтому ее могут использовать в качестве связующего вещества. Известно, что мелассу применяют при производстве углеродсодержащих брикетов, используемые в химической промышленности, газогенераторных установках и металлургии. Эти брикеты достаточно прочные, водостойкие и термостойкие. Также стоит отметить, что использование мелассы никак не осложняет существующих технологий, так как при термической обработке не происходит выделения вредных и токсичных веществ, требующих незамедлительной утилизации [14, 15].

Стоит отметить, что низкая стоимость и доступность такого сырья делает его привлекательным с экономической точки зрения производства. Поэтому целесообразно изучить возможность использования мелассы при гранулировании биогуруса, а также оценить влияние на товарные характеристики готового гранулированного удобрения: статическую прочность и выход гранул товарной фракции.

Были изучены составы водного раствора мелассы с соотношениями 1:1, 2:1 и 3:1. В табл. 3 и на рис. 1 представлена зависимость статической прочности гранул от содержания и соотношений компонентов в связующем растворе. Установлено, что при использовании менее разбавленного водного раствора мелассы с соотношением 1:1 получают гранулы, проявляющие наибольшую устойчивость к разрушению при раздавливании. Такое явление объясняется действием более концентрированного связующего раствора, когда за счет более высокой вязкости происходит слипание мелких частиц в гранулы. Так, при использовании связующего с соотношением 1:1 и содержанием в тукосмеси, равным 5 %, достигается максимальное значение статической прочности, что составляет 47,5 Н/гранул. Это на 4,8 и 29 % больше статической прочности полученных гранул биогуруса с использованием связующего, водного раствора мелассы с содержанием 5 % в тукосмеси и соотношениями 2:1 и 3:1 соответственно.

Таблица 3

Влияние соотношения и содержания водного раствора мелассы на характеристики гранулированного биогуруса

Содержание раствора связующего, %	Гранулометрический состав, %				Выход гранул товарной фракции, %	Средняя статическая прочность, Н/гранула	Средний размер гранул, мм
	+5,5 мм	-5,5 +2,0 мм	-2,0 +1,0 мм	-1,0 +0,0 мм			
<i>Раствор вода:меласса в соотношении 1:1</i>							
1	12,43	86,32	1,03	0,22	86,32	39,8±0,4	4,00
2	13,51	85,07	1,08	0,33	85,07	42,6±0,2	4,02
3	15,31	82,82	1,26	0,61	82,82	45,7±0,1	4,05
4	17,28	81,40	0,92	0,40	81,40	47,1±0,3	4,11
5	17,33	80,78	1,41	0,49	80,78	47,5±0,3	4,09
<i>Раствор вода:меласса в соотношении 2:1</i>							
1	10,30	87,78	1,40	0,52	87,78	38,4±0,3	3,93
2	10,95	86,90	1,65	0,49	86,90	39,8±0,2	3,94
3	11,45	86,37	1,53	0,65	86,37	42,6±0,4	3,95
4	11,63	86,26	1,73	0,38	86,26	43,3±0,2	3,96
5	11,91	85,86	1,70	0,54	85,86	45,2±0,4	3,96
<i>Раствор вода:меласса в соотношении 3:1</i>							
1	4,45	94,42	0,76	0,37	94,42	29,4±0,4	3,82
2	6,39	92,41	0,69	0,51	92,41	30,4±0,5	3,86
3	6,53	91,82	1,30	0,35	91,82	33,1±0,5	3,86
4	7,59	91,28	0,64	0,50	91,28	33,4±0,2	3,89
5	7,58	91,19	1,06	0,17	91,19	33,6±0,3	3,89

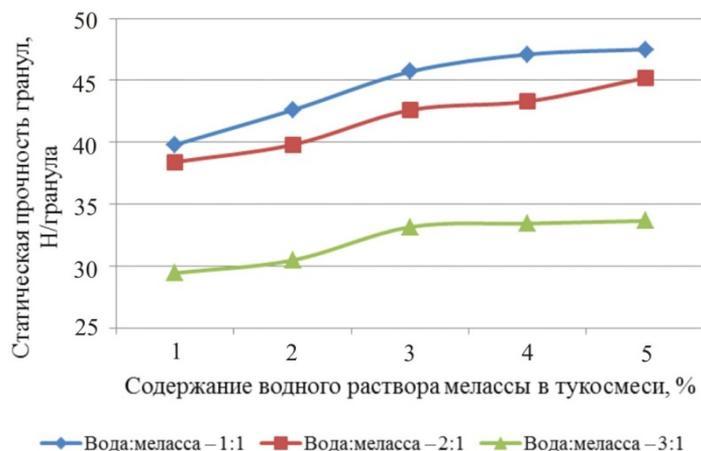


Рис. 1. Зависимость статической прочности гранул биогуруса от содержания и соотношения водного раствора мелассы

На выход гранул товарной фракции +2,0–5,5 мм также влияет содержание и соотношение компонентов в связующем растворе (рис. 2). В процессе гранулирования при добавлении большого количества

жидкости происходит снижение эффективности гранулирования, так как содержание влаги становится избыточным, а гранулируемая смесь пластичной, происходит слипание окатанных гранул в сплошные комки, в результате чего снижается выход гранул товарной фракции, что нежелательно. При использовании связующего раствора с соотношением 3:1 и содержанием 1 % выход гранул товарной фракции максимальный и составляет 94,42 %, при дальнейшем увеличении содержания связующего раствора отмечается снижение выхода продукта. Если использовать менее разбавленные растворы связующих веществ, то также отмечается снижение выхода гранул товарной фракции. Наибольшее значение выхода гранулированного биогазуса, полученного с использованием связующего раствора с соотношениями 2:1 и 1:1, было достигнуто при содержании связующего в тукосмеси, равным 1 %, однако это на 7 и 8,5 % меньше выхода гранул товарной фракции с водным раствором связующего с соотношением 3:1.

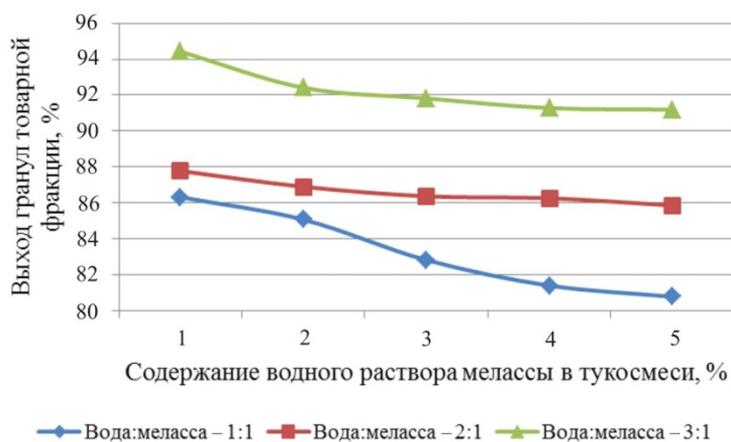


Рис. 2. Зависимость выхода гранул товарной фракции от содержания и соотношения водного раствора мелассы

Использование мелассы в качестве связующего раствора оказывает положительное влияние на процесс гранулирования, в результате чего товарные характеристики продукта улучшаются. Статическая прочность гранулированного биогазуса с содержанием связующего раствора 1 % в тукосмеси и соотношением 3:1 (вода:меласса) увеличилась на 34 % в сравнении с гранулированным биогазусом без связующих веществ, а выход товарной фракции вырос на 7 %. Таким образом, использование водного раствора мелассы в процессе гранулирования биогазуса является целесообразным, так как способствует получению

более прочных гранул, которые устойчивы к разрушению, а также влияет на снижение образования гранул более крупной (+5,5 мм) и мелкой фракции (+0,0–2,0 мм) во время (в процессе) окатывания.

Список литературы

1. Маркетинговое исследование: Рынок органо-минеральных (органических) удобрений и почвогрунтов за 2013–2017 гг. / Инновационно-консультационный центр агропромышленного комплекса. – Белгород, 2018. – 21с.
2. Кощаев А.Г., Кощаева О.В., Елисеев М.А. Биотехнология вермикюльтивирования органических отходов // Научный журнал КубГАУ. – 2014. – № 95 (01). – С. 1–30.
3. Суслов С.А., Дулепов М.А. Биогумус – резерв повышения эффективности сельского хозяйства // Вестник НГИЭИ. – 2011. – № 1(2). – С. 38–47.
4. Мустафаев Б.А., Какезжанова З.Е., Кенжетаева А.Б. Переработка органических отходов, производство биогумуса – основа воспроизводства плодородия почв // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2012. – № 11. – С. 30–34.
5. Eartworm biohumus conditioning for pellet production / O. Vronskis, A. Kakitis, E. Laukmanis, I. Nulle // Engineering for rural development. – 2016. – № 25. – P. 997–1002.
6. Запевалов М.В., Запевалов С.М. Технология приготовления органо-минерального удобрения на основе птичьего помета // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2011. – № 5 (79). – С. 84–90.
7. Сквородников П.В., Черепанова М.В. Способы гранулирования органо-минеральных удобрений // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. – 2017. – № 3. – С. 117–126.
8. Семакина О.К., Якушева Ю.С., Шевченко А.А. Выбор способа гранулирования сорбентов из отходов производства // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 8. – С. 720–725.
9. Вилесов Н.Г., Скрипко В.Я., Ломазов В.Л. Процессы гранулирования в промышленности. – М.: Техника, 1976. – 191 с.
10. Аверьянова Е.В., Рожнов Е.Д. Контроль качества мелассы: учеб. пособие. – Барнаул: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2016. – 31 с.
11. Никишанин М.С., Сеначин П.К. Углеродосодержащие брикеты на разных связующих веществах, их теплофизические характеристики и использование в газогенераторах // Ползуновский вестник. – 2009. – № 1(2). – С. 305–311.
12. Текутьева Л.А., Сон О.М., Ященко А.С. Проблемы использования свекловичной мелассы в российском кормопроизводстве // Естественные и технические науки. – 2015. – № 2. – С. 1–12.

13. Shyam Prakash K., Phanindra M., Ram Surya S. Percentage replacement of bitumen with sugarcane waste molasses // *International Journal of Civil Engineering and Technology*. – 2014. – № 7. – P. 188–197.

14. OpenMP: сайт. – URL: <http://go.feeco.com/acton/attachment/12345/f-00b2/1/-/-/-/-/Agglomeration-Handbook.pdf> (дата обращения: 22.01.2019).

15. Протасова М.В., Миронова С.Ю. Перспективные направления использования отходов сахарного производства // *Биологические науки*. – 2016. – № 2(10). – С. 1–10.

References

1. Marketingove issledovanie: Rynok organomineralnykh (organicheskikh) udobrenii i pochvogruntov za 2013-2017 gg. Belgorod: OGAU Innovation-consulting center of the agro-industrial complex, 2018, 21 p.

2. Koshchaev A.G., Koshchaeva O.V., Eliseev M.A. Biotekhnologiya vermikulirovaniia organicheskikh otkhodov [Biotechnology of organic waste vermicultivation]. *Nauchnyi zhurnal KubGAU*, 2014, no. 95(01), pp. 1–30.

3. Suslov S.A., Dulepov M.A. Biogumus – rezerv povysheniia effektivnosti selskogo khoziaistva [Biogumus – the reserve of increase of efficiency of the agriculture]. *Vestnik NGIEI*. 2011, no 1(2), pp. 38–47.

4. Mustafaev B.A., Kakezhanova Z.E., Kenzhetaeva A.B. Pererabotka organicheskikh otkhodov, proizvodstvo biogumusa – osnova vosproizvodstva plodorodiia pochv [Processing of the organic waste, production of the biohumus – basis of reproduction of fertility of soils]. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2012, no. 11, pp. 30–34.

5. Vronskis O., Kakitis A., Laukmanis E., Nulle I. Eartworm biohumus conditioning for pellet production. *Engineering for rural development*, 2016, no. 25, pp. 997–1002.

6. Zapevalov M.V., Zapevalov S.M. Tekhnologiya prigotovleniia organomineralnogo udobreniia na osnove ptichego pometa [Technology of preparation of organic fertilizer based on bird droppings]. *Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2011, no. 5 (79), pp. 84–90.

7. Skovorodnikov P.V., Cherepanova M.V. Sposoby granulirovaniia organomineralnykh udobrenii [The methods of granulation organomineral fertilizers]. *Vestnik PNIPU. Khimicheskaiia tekhnologiya i biotekhnologiya*, 2017, no. 3, pp. 117–126.

8. Semakina O.K., Iakusheva Iu.S., Shevchenko A.A. Vybor sposoba granulirovaniia sorbentov iz otkhodov proizvodstva [Selection of sorbent granulation methods from waste products]. *Fundamentalnye issledovaniia*, 2018, no. 8, pp. 720–725.

9. Vilesov N.G., Skripko V.Ia., Lomazov V.L. Protssy granulirovaniia v promyshlennosti [Granulation processes in industry]. Moscow, Tekhnika, 1976, 191 p.

10. Averianova E.V., Rozhnov E.D. Kontrol kachestva melassy [Molasses quality control]. Biisk, Altaiskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet, 2016, 31 p.

11. Nikishanin M.S., Senachin P.K. Uglerodosoderzhashchie brikety na raznykh sviazuiushchikh veshchestvakh, ikh teplofizicheskie kharakteristiki i ispolzovanie v gazogeneratorakh [Carbonaceous briquettes on various binders, their thermophysical characteristics and use in gas generators]. *Polzunovskii vestnik*, 2009, no. 1(2), pp. 305–311.

12. Tekuteva L.A., Son O.M., Iashchenko A.S. Problemy ispolzovaniia sveklovichnoi melassy v rossiiskom kormoproizvodstve [Difficulties of using beet molasses in the Russian feed production]. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki*, 2015, no. 8, pp. 1–12.

13. Shyam Prakash K., Phanindra M., Ram Surya S. Percentage replacement of bitumen with sugarcane waste molasses. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 2014, no. 7, pp. 188–197.

14. OpenMP, available at: <http://go.feeco.com/acton/attachment/12345/f-00b2/1/-/-/-/Agglomeration-Handbook.pdf> (accessed: 22 January 2019).

15. Protasova M.V., Mironova S.Iu. Perspektivnye napravleniia ispolzovaniia otkhodov sakharnogo proizvodstva [Perspective directions of use of waste of sugar production]. *Biologicheskie nauki*, 2016, no. 2(10), pp. 1–10.

Получено 31.01.2019

Об авторах

Сквородников Павел Валерьевич (Пермь, Россия) – магистрант кафедры химических технологий Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: pavel.skovorodnikov@yandex.ru).

Черепанова Мария Владимировна (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры химических технологий Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: syromyatnikova.maria@yandex.ru).

About the authors

Pavel V. Skovorodnikov (Perm, Russian Federation) – Master student, Department of Chemical technology, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, e-mail: pavel.skovorodnikov@yandex.ru).

Maria V. Cherepanova (Perm, Russian Federation) – Ph.D. of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Chemical technology, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, e-mail: syromyatnikova.maria@yandex.ru).