

## Лимитирующие факторы при получении прооксидантов с использованием смеси жирных кислот, выделенных из соапстока

Владимир И. Корчагин	<sup>1</sup>	kvi-vgta@rambler.ru
Артём В. Протасов	<sup>1</sup>	pav-vgta86@mail.ru
Мария С. Мельнова	<sup>1</sup>	marie91@mail.ru
Татьяна Ю. Черкасова	<sup>1</sup>	tanechka_cherkasova@list.ru
Виктория Ю. Кобзарева	<sup>1</sup>	kobzarevav@yandex.ru

<sup>1</sup> Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

**Реферат.** Синтез прооксидантов – карбоксилатов металлов переменной валентности (железа, меди и кобальта) проводили при использовании смеси жирных кислот с кислотным числом 100 ÷ 120 мг КОН/г, выделенных из соапстока, представляющий собой жидкообразный отход масложирового производства. Карбоксилаты металлов переменной валентности синтезировали в ультразвуковом поле высокой энергии при помощи генератора УЗГ13-0,1/22. Совместное термическое и ультразвуковое воздействие способствуют увеличению показателя выхода карбоксилатов металлов. Максимальный выход прооксидантов составил свыше 84% (мас.) При проведении синтеза карбоксилатов металлов переменной валентности была выявлена активность ионов в реакциях обмена с натриевыми солями на основе смеси жирных кислот в следующем порядке:  $\text{Co}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Fe}^{2+}$ . Синтез карбоксилатов металлов переменной валентности является многофакторной системой и зависит от температурных режимов, активности металла, вязкостных и структурных характеристик смеси жирных кислот. Процесс образования карбоксилатов металлов проводили в водно-спиртовой среде с высокой скоростью для гетерогенных систем, которые представляют собой обменные реакции между солями сильных щелочей и карбоновыми кислотами. Следует отметить, что увеличение температуры синтеза свыше 60 °С с одновременным ультразвуковым воздействием снижало выход продуктов и влияло на качественный состав карбоксилатов металлов переменной валентности. Следует отметить, что ультразвуковое воздействие позволяет получать прооксидант необходимой дисперсности, что крайне важно при получении многофункциональных и целевых добавок. Использование ультразвуковых полей высокой интенсивности при синтезе карбоксилатов металлов переменной валентности предпочтительно в менее вязкой среде, из-за лучшего распространения УЗ-воздействия.

**Ключевые слова:** жирные кислоты, ультразвуковое воздействие, синтез, прооксиданты, карбоксилаты металлов.

## Limiting factors in the pro-oxidants production with the use of fatty acids mixture separated from soapstock

Vladimir I. Korchagin	<sup>1</sup>	kvi-vgta@rambler.ru
Artem V. Protasov	<sup>1</sup>	pav-vgta86@mail.ru
Marija S. Mel'nova	<sup>1</sup>	marie91@mail.ru
Tat'jana Ju. Cherkasova	<sup>1</sup>	tanechka_cherkasova@list.ru
Viktorija Ju. Kobzareva	<sup>1</sup>	kobzarevav@yandex.ru

<sup>1</sup> Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

**Summary.** The synthesis of prooxidants - carboxylates of variable valence metals (iron, copper and cobalt) was carried with the use of a mixture of fatty acids with an acid number of 100-120 mg KOH / g, separated from the soapstock, which is a liquid waste of oil- and fat production. Carboxylates of variable valency metals were synthesized in a high-energy ultrasound field using a generator USG13-0.1 / 22. Mixed thermal and ultrasound effects contribute to an increase in the yield of metal carboxylates. The maximum yield of prooxidants was over 84% (by weight). When carrying out the synthesis of carboxylates of metals of variable valence, ion activity was revealed in the exchange reactions with sodium salts on the basis of a mixture of fatty acids in the following order:  $\text{Co}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Fe}^{2+}$ . The synthesis of carboxylates of variable valence metals is a multifactor system and depends on temperature regimes, metal activity, viscosity and structural characteristics of a fatty acids mixture. The formation of metal carboxylates was carried out in a water-alcohol medium at a high rate for the heterogeneous systems, which are the exchange reactions between strong alkali salts and carbon acids. It should be noted that an increase in the synthesis temperature above 60 °C with simultaneous ultrasound exposure reduced the yield of products and influenced the quality composition of the carboxylates of metals of variable valency. We should also take into account that ultrasound impact allows to obtain a prooxidant of the required dispersity and it is extremely important in the production of multifunctional and targeted additives. The use of ultrasound fields of high intensity in the synthesis of carboxylates of metals of variable valence is preferable in a less viscous medium due to the better ultrasound spread

**Keywords:** Fatty acids, ultrasound effect, synthesis, prooxidants, metal carboxylates

Для цитирования

Корчагин В. И., Протасов А. В., Мельнова М. С., Черкасова Т. Ю., Кобзарева В. Ю. Лимитирующие факторы при получении прооксидантов с использованием смеси жирных кислот, выделенных из соапстока // Вестник ВГУИТ. 2017. Т. 79. № 1. С. 222–226. doi:10.20914/2310-1202-2017-1-222-226

For citation

Korchagin V. I., Protasov A. V., Mel'nova M. S., Cherkasova T. Ju., Kobzareva V. Ju. Limiting factors in the pro-oxidants production with the use of fatty acids mixture separated from soapstock. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2017. Vol. 79. no. 1. pp. 222–226. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2017-1-222-226

### Введение

Соли жирных кислот металлов (кобальта (II), марганца (II), цинка, кальция, бария, циркония, меди (II), кадмия, магния, олова, лития) широко используются в различных отраслях промышленного производства в качестве лубрикантов, микроудобрений, элементов композиционных ПАВ, диспергаторов, антисептиков, ускорителей и катализаторов отверждения модифицированных олигоэфиров (алкидов), ненасыщенных эфирных, эпоксидных, уретановых олигомеров. В качестве исходных компонентов для синтеза солей используются нафтеновые, ненасыщенные жирные кислоты растительных масел, канифоль, жирные кислоты талового масла, синтетические жирные кислоты [1].

Стеараты металлов переменной валентности применяются как эффективные прооксиданты даже в малых количествах. Основные способы синтеза, свойства и области применения многофункциональных и целевых добавок на основе стеаратов металлов переменной валентности представлены в источниках [2-4].

В настоящее время существуют два способа получения карбоксилатов металлов на основе жирных кислот, в частности, стеариновой кислоты.

Основным промышленным способом [5] является двухстадийный способ, основанный на реакции кислоты с получением стеарата кальция с последующим его взаимодействием с водными растворами солей металлов.

Разработан способ [6] получения соответствующих карбоксилатов стеариновой кислоты с солями кальция, бария, кадмия и цинка в среде вода-изопропиловый спирт, при их строгом лимитированном соотношении – вода: органический растворитель (80 ÷ 20) : (50 ÷ 50) % (мас.) При температуре 50 ÷ 70 °С выход стеарата кальция или бария достигал 99,6%.

В источнике [7] показано, что при получении карбоксилатов железа в качестве жирнокислотного компонента используют смеси жирных кислот с кислотным числом 100 ÷ 120 мг КОН/г, выделенных из соапстока светлых растительных масел.

Известно [8], что в современных процессах нашли широкое применение ультразвуковых (УЗ) - технологии при диспергировании материалов, получении устойчивых эмульсий, экстрагировании, перемешивании, выщелачивании и многом другом, что возможно реализовать и активно поддерживать в стадии «развитой кавитации». Это обеспечивает максимальное энергетическое воздействие на окружающую жидкость. Создание УЗ-колебаний различной интенсивности для водных сред это 5 ÷ 15 Вт/см<sup>2</sup>, а в вязких средах возможно более 15 ÷ 50 Вт/см<sup>2</sup>.

Инновационные технологии [9] с применением УЗ-колебаний высокой мощности затрагивают перспективные направления в различных областях промышленности. Все это обусловлено значительным распространением и расширением областей применения УЗ-технологий в создании новых УЗ-реакторов.

Технологические основы получения и переработки добавок прооксидантов на основе стеаратов железа в высокоскоростном оборудовании с учетом физико-механических показателей представлены в источнике [10].

### Цели работы

Повышение эффективности синтеза карбоксилатов металлов переменной валентности для создания многофункциональных добавок с использованием отходов масложировой промышленности.

Изучение влияния температурного фактора и ультразвукового воздействия при синтезе карбоксилатов металлов переменной валентности с использованием смеси жирных кислот, выделенных из соапстока.

### Объекты и методы исследования

Качественные и количественные характеристики смеси жирных кислот Евдаковского масложирокомбината с использованием, которых были синтезированы карбоксилаты металлов переменной валентности представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Качественные и количественные характеристики смеси жирных кислот Евдаковского масложирокомбината

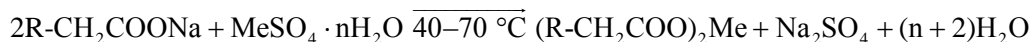
Table 1.

Quality and quantity characteristics of a fatty acids mixture of the Yevdakovo oil- and fat plant

Наименование жирной кислоты	Химическая Формула	Содержание в смеси жирных кислот в, % масс.
Каприловая	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	2,41
Каприновая	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	0,57
Лауриновая	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O <sub>2</sub>	3,64
Миристиновая	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	6,33
Пентадекановая	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	1,88
Пальмитиновая	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	5,95
Пальмитиноеиновая	C <sub>16</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	0,52
Маргариновая	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	1,16
Стеариновая	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	42,33
Элаидиновая	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	1,06
Олеиновая	C <sub>18</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	15,72
Линолевая	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	3,63
Линоленовая	C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	10,63
Бегеновая	C <sub>22</sub> H <sub>44</sub> O <sub>2</sub>	0,46
Трикозановая	C <sub>23</sub> H <sub>46</sub> O <sub>2</sub>	3,71

Синтез карбоксилатов металлов переменной валентности проводили в ультразвуковом поле высокой энергии при помощи генератора УЗГ13-0,1/22.

Выход целевого продукта определяли по КЧ в соответствии ГОСТа 31933-2012.



Гетерогенная система представляла собой смесь жирных кислот в водно-спиртовой раствор с использованием пропанола-2. Очевидно, что в случае перехода на промышленное производство регенерации пропанола-2 более экономически выгоден, так как кипение водного азеотропа соответствует 80 °С, кроме того и сам пропанол-2 кипит значительно ниже нормального спирта. В этой связи температурные режимы при синтезе карбоксилатов металлов переменной валентности не превышали 60 °С, а время прохождения суммарной реакции завершалось через 40 ÷ 60 мин.

Увеличение температуры синтеза свыше 60 °С с одновременным ультразвуковым воздействием снижало выход продуктов и влияло на качественный состав карбоксилатов металлов переменной валентности.

### Результаты и обсуждение

Синтез прооксиданта проводили взаимодействием карбоксилатов натрия с солями металлов переменной валентности при различной температуре в водно-спиртовом растворе по обменной реакции:

Из таблицы 2 видно, что повышение температуры на 10 °С способствует выходу карбоксилатов железа с 69,3 до 72,3% (мас.), что соответствует повышению более 2,0%, т. е. находится в пределах ошибки, что обусловлено высокой вязкостью системы.

Из таблицы 3 видно, что совместное термическое и ультразвуковое воздействие способствуют увеличению показателя выхода карбоксилатов меди, что соответствует его повышению на 8–10% (мас.).

При этом выход карбоксилатов меди достигает более 84% (мас.), т. е. можно утверждать, что активность меди способствует увеличению выхода продукта и увеличению скорости обменной реакции.

Высокую активность при синтезе прооксиданта – карбоксилатов металлов переменной валентности проявляют соединения кобальта, что отражено в таблице 4.

Таблица 2.

Выход прооксиданта в зависимости от продолжительности взаимодействия смеси жирных кислот с солями железа при различной температуре и ультразвуковом воздействии

Table 2.

Prooxidant yield depending on the duration of interaction of fatty acids mixture with iron salts at different temperatures and ultrasound exposure

Продолжительность взаимодействия, мин	Выход прооксиданта, % (мас.)			
	С УЗ-воздействием при температуре		Без УЗ-воздействия при температуре	
	40° С	50° С	40° С	50° С
3	29,74	33,14	36,46	39,84
6	35,92	36,21	39,34	43,17
10	47,95	44,53	44,22	48,92
20	60,14	59,31	57,24	56,99
30	65,41	65,82	62,26	62,72
40	69,32	72,29	68,42	69,51

Таблица 3.

Выход прооксиданта в зависимости от продолжительности взаимодействия смеси жирных кислот с солями меди при различной температуре и ультразвуковом воздействии

Table 3.

Prooxidant yield depending on the duration of interaction of fatty acids mixture with copper salts at different temperatures and ultrasound exposure

Продолжительность взаимодействия, мин	Выход прооксиданта, % (мас.)			
	Без УЗ-воздействия при температуре		С УЗ-воздействием при температуре	
	40° С	50° С	40° С	50° С
3	34,33	46,35	43,96	31,74
6	39,79	50,05	54,76	43,65
10	47,89	54,97	60,94	62,74
20	60,97	67,87	69,76	68,51
30	67,53	71,10	74,98	79,21
40	77,82	79,42	81,16	84,39

Выход прооксиданта в зависимости от продолжительности взаимодействия смеси жирных кислот с солью кобальта при различной температуре и ультразвуковом воздействии

Table 4.

Prooxidant yield depending on the duration of interaction of fatty acids mixture with cobalt salts at different temperatures and ultrasound exposure

Продолжительность взаимодействия, мин	Выход прооксиданта, % (мас.)			
	Без УЗ-воздействия при температуре		С УЗ-воздействием при температуре	
	40 °C	50 °C	40 °C	50 °C
	Выход, % (мас.)	Выход, % (мас.)	Выход, % (мас.)	Выход, % (мас.)
3	38,76	40,0	40,70	39,30
6	42,19	41,7	44,30	51,42
10	43,27	50,0	51,40	60,03
20	58,41	57,0	54,78	67,51
30	63,21	67,0	67,50	72,03
40	73,49	75,1	77,21	84,4

Процесс образования карбоксилатов металлов при добавлении к раствору мыла в водно-спиртовой среде водно-спиртового раствора соответствующих солей проходил с высокой скоростью для гетерогенной систем, т. е. обменные реакции между солями сильных щелочей и карбоновых кислот протекали за короткий период времени.

Следует отметить, что ультразвуковое воздействие позволяет получать прооксидант необходимой дисперсности, что крайне важно при получении многофункциональных и целевых добавок. Использование ультразвукового поля высокой интенсивности при синтезе карбоксилатов металлов переменной валентности предпочтительно в менее вязкой среде, из-за лучшего распространения УЗ-воздействия.

### Заключение

При проведении синтеза карбоксилатов металлов переменной валентности была выявлена

активность ионов в реакциях обмена с натриевыми солями на основе смеси жирных кислот в следующем порядке:  $\text{Co}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Fe}^{2+}$ . Синтез карбоксилатов металлов переменной валентности является многофакторной системой и зависит от температурных режимов, активности металла, вязкостных и структурных характеристик смеси жирных кислот, что требует дальнейшее изучение.

### Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке прикладных научных исследований Министерством образования и науки Российской Федерации в рамках реализации федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы» по соглашению о предоставлении субсидии № 14.577.21.0205 от 27 октября 2015 г. Уникальный идентификатор ПНИЭР RFMEFI57715X0205.

### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Рассоха, М.А. Выбор оптимальных параметров технологического процесса синтеза октоатов двухвалентных металлов / М.А. Рассоха, А.Н. Черкашина // Интегрированные технологии и энергосбережение № 2 – НТУ «ХПИ». – 2005. – № 2. – С. 130–134. – ISSN 2078 – 5364.
- 2 Roy, P.K. Investigating the role of metal oxidation state on the degradation behaviour of LDPE / P.K. Roy, P. Surekha, R. Raman, C. Rajagopal // Polymer Degradation and Stability. – 2009. – V. 94, № 7. – P. 1033-1039.
- 3 Sheikh, K.A. Influence of hydration state and homologous composition of magnesium stearate on the physical chemical properties of liquid paraffin lipogels / K.A. Sheikh, Y.B. Kang, J.J. Rouse, G.M. Eccleston // Int. J Pharm. – 2011. – V. 4, № 1-2. – P. 121-127.

- 4 Zhou, Q.T. Improving aerosolization of drug powders by reducing powder intrinsic cohesion via a mechanical dry coating approach / Q.T. Zhou, L. Qu, I. Larson [et al.] // J. Pharm. – 2010. – V. 394, № 1-2. – P. 50-59.

- 5 Дебердеев, Р.Я. Некоторые особенности одностадийного синтеза стеарата кальция / Р.Я. Дебердеев, Р.Ф. Нафикова, Р.Р. Даминев, Л.Б. Степанова, И.И. Насыров, Т.Р. Дебердеев, Н.В. Улитин // Вестник Казанского технологического университета – 2012. – Т. 15. № 18. – С. 28 – 30.

- 6 Степанова, Л.Б. Топохимическая природа реакции синтеза стеарата кальция в суспензии / Л.Б. Степанова, Р.Ф. Нафикова, Т.Р. Дебердеев, Н.В. Улитин, Р.Я. Дебердеев // Вестник Казанского технологического университета – 2012. – Т. 15. № 23. – С. 87 – 90.

7 Патент № 2607207 Российская Федерация, МПК7 C 09 F 9/00. Способ получения карбоксилатов железа / Корчагин В.И., Ерофеева Н.В., Протасов А.В., Суркова А.М.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет инженерных технологий» (ФГБОУ ВО «ВГУИТ»); заявл. 02.07.2015.

8 Chmilenko, F.A. Ultrasound in analytical chemistry.: Theory and practice: Monograph / F.A. Chmilenko, A.N. Baklanov. D. : Izd. The Dnepropetr. University. - 2001. 264 p. - ISBN 966 - 95190 - 3 - 9.

9 Fedyushko, Yu.M. Ecological character of energy of ultrasound waves of technological processes / Yu.M. Fedyushko, M.P. Fedyushko // Herald of Agrarian Science of the Don. 2013. No. 4. P. 34 - 39.

10 Корчагин В.И., Протасов А.В., Ерофеева Н.В. Реологическое поведение прооксидантов на основе стеарата железа // Пластические массы, 2016, № 9–10, с. 37–42.

## REFERENCES

1 Rassokha, M.A. Selection of optimal parameters of the technological process for the synthesis of divalent metal octoates / M.A. Rassokha, A.N. Cherkashina // Integrated technologies and energy saving № 2 - STU "KhPI". - 2005. - No. 2. - P. 130-134. - ISSN 2078 - 5364.

2 Roy, P.K. Investigating the role of metal oxidation state on the degradation behaviour of LDPE / P.K. Roy, P. Surekha, R. Raman, C. Rajagopal // Polymer Degradation and Stability. - 2009. - V. 94, № 7. - P. 1033-1039.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Владимир И. Корчагин** д. т. н., профессор, зав. кафедрой, кафедра инженерной экологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, kvi-vgt@rambler.ru

**Артем В. Протасов** д. т. н., доцент, кафедра инженерной экологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, pav-vgt86@mail.ru

**Мария С. Мельнова** аспирант, кафедра инженерной экологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, marie91@mail.ru

**Татьяна Ю. Черкасова** студент, кафедра инженерной экологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, tanechka\_cherkasova@list.ru

**Виктория Ю. Кобзарев** студент, кафедра инженерной экологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, kobzarevav@yandex.ru

## КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

## КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 06.02.2017

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 13.02.2017

3 Sheikh, K.A. Influence of hydration state and homologous composition of magnesium stearate on the physical chemical properties of liquid paraffin lipogels / K.A. Sheikh, Y.B. Kang, J.J. Rouse, G.M. Eccleston // Int. J. Pharm. - 2011. - V. 4, № 1-2. - P. 121-127.

4 Zhou, Q.T. Improving aerosolization of drug powders by reducing powder intrinsic cohesion via a mechanical dry coating approach hit / Q.T. Zhou, L. Qu, I. Larson [et al.] // J. Pharm. - 2010. - V. 394, № 1-2. - P. 50-59.

5 Deberdeev, R.Ya. Some features of the one-step synthesis of calcium stearate / R.Ya. Deberdeev, R.F. Nafikova, R.R. Daminev, L.B. Stepanova, I.I. Nasyrov, T.R. Deberdeev, N.V. Ulitin // Herald of Kazan Technology University □ 2012. □ V. 15. No. 18. P. 28 - 30

6 Stepanova, L.B. Topochemical nature of the reaction of synthesis of calcium stearate in suspension / L.B. Stepanova, R.F. Nafikova, T.R. Deberdeev, N.V. Utitin, R.Ya. Deberdeev // Herald of Kazan Technological University. - 2012. - V. 15. No. 23. - P. 87 - 90

7 Patent No. 2607207 Russian Federation, IPC7 C 09 F 9/00. Method for the preparation of iron carboxylates / Korchagin V.I., Erofeeva N.V., Protasov A.V., Surkova A.M.; Applicant and patent holder The Federal State Budget Educational Institution of Higher Education "Voronezh State University of Engineering Technologies" (FGBOU HE VSUET); Claimed. 02/07/2015

8 Chmilenko, F.A. Ultrasound in analytical chemistry.: Theory and practice: Monograph / F.A. Chmilenko, A.N. Baklanov. D. : Izd. The Dnepropetr. University. - 2001. 264 p. - ISBN 966 - 95190 - 3 - 9.

9 Fedyushko, Yu.M. Ecological character of energy of ultrasound waves of technological processes / Yu.M. Fedyushko, M.P. Fedyushko // Herald of Agrarian Science of the Don. 2013. No. 4. P. 34 - 39.

10 Korchagin V.I., Protasov A.V., Erofeeva N.V. The rheological behavior of prooxidants based on iron stearate // Plastic masses, 2016, No. 9-10, p. 37-42

## INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Vladimir I. Korchagin** doctor of technical sciences, professor, head of department, engineering ecology department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, kvi-vgt@rambler.ru

**Artem V. Protasov** candidate of technical sciences, assistant professor, engineering ecology department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, pav-vgt86@mail.ru

**Marija S. Mel'nov** graduate student, engineering ecology department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, marie91@mail.ru

**Tat'jana Ju. Cherkasova** graduate student, engineering ecology department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, tanechka\_cherkasova@list.ru

**Viktorija Ju. Kobzarev** student, engineering ecology department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, kobzarevav@yandex.ru

## CONTRIBUTION

All authors equally took part in writing the manuscript and are responsible for plagiarism

## CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 2.6.2017

ACCEPTED 2.13.2017