

УДК 630\*114.25

**В. В. Носников, А. В. Юреня, А. М. Граник, О. А. Селищева**  
Белорусский государственный технологический университет

### **ВЗАИМОСВЯЗЬ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ СУБСТРАТА И СОДЕРЖАНИЯ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ**

В статье изложены результаты исследований зависимости электропроводности водной вытяжки субстрата от содержания в нем основных элементов питания. Было выявлено, что величина электропроводности закономерно увеличивается с возрастанием содержания нитрат-ионов (коэффициент корреляции составил 0,661), при этом нет четкой зависимости электропроводности от изменения содержания ионов аммония (коэффициент корреляции – 0,052), однако при анализе содержания общего азота такая закономерность прослеживается (коэффициент корреляции – 0,660). Устойчивая зависимость роста величины электропроводности прослеживается и при увеличении содержания ионов калия, фосфат-ионов, а также общего содержания элементов питания (коэффициент корреляции, соответственно, 0,628, 0,646, 0,761). Таким образом, с помощью экспресс-метода анализа электропроводности субстрата можно судить и о количестве внесенного в него комплексного минерального удобрения. Данный метод может рассматриваться как метод контроля содержания основных элементов питания при приготовлении субстратов за исключением аммонийного азота.

**Ключевые слова:** субстрат торфяной, элементы питания, электропроводность, кислотность, коэффициент корреляции.

**Для цитирования:** Носников В. В., Юреня А. В., Граник А. М., Селищева О. А. Взаимосвязь электропроводности субстрата и содержания основных элементов питания // Труды БГТУ. Сер. 1, Лесное хоз-во, природопользование и перераб. возобновляемых ресурсов. 2021. № 2 (246). С. 88–92.

**V. V. Nosnikov, A. V. Yurenya, A. M. Granik, O. A. Selishcheva**  
Belarusian State Technological University

### **RELATIONSHIP OF ELECTRICAL CONDUCTIVITY OF SUBSTRATE AND CONTENT OF MAIN NUTRIENTS**

The article presents the results of studies of the dependence of the electrical conductivity of the water extract of the substrate on the content of the main nutrients in it. It was found that the value of the electrical conductivity naturally increases with an increase in the content of nitrate ions (the correlation coefficient was 0.661), while there is no clear dependence of the electrical conductivity on the change in the content of ammonium ions (the correlation coefficient is 0.052), however, when analyzing the content of total nitrogen, such a regularity traceable (correlation coefficient – 0.660). A stable dependence of an increase in the value of electrical conductivity is also traced with an increase in the content of potassium ions, phosphate ions, as well as the total content of nutrients (the correlation coefficient is, respectively, 0.628, 0.646, 0.761). Thus, using the express method of analyzing the electrical conductivity of the substrate, it is possible to judge the amount of complex mineral fertilizer introduced into it. This method can be considered as a method for controlling the content of basic nutrients in the preparation of substrates, with the exception of ammonium nitrogen.

**Key words:** peat substrate, nutrients, electrical conductivity, acidity, correlation coefficient.

**For citation:** Nosnikov V. V., Yurenya A.V., Granik A.M., Selishcheva O. A. Relationship of electrical conductivity of substrate and content of main nutrients. *Proceedings of BSTU, issue 1, Forestry. Nature Management. Processing of Renewable Resources*, 2021, no. 2 (246), pp. 88–92 (In Russian).

**Введение.** Передовые технологии в тепличном хозяйстве базируются на особенностях применяемого субстрата и оптимизации режима питания. Выращивание сеянцев с закрытой корневой системой осуществляется преимущественно на субстрате, приготовленном на основе торфа верхового типа болот [1, 2, 3]. Для обогащения элементами питания в субстрат вносятся комплексные минеральные удобрения [1]. В состав используемых удобрений входит

достаточно большое количество макро- и микроэлементов [1, 4, 5].

Лабораторный агрохимический анализ как более точный метод не всегда доступен и имеет большую продолжительность проведения, а также экономически более затратный. Все питательные вещества, доступные растениям, находятся в субстрате в виде ионов. Ионы могут создавать электрический поток в водном растворе, который пропорционален их концентрации.

Поэтому общее содержание солей в растворах определяют по величине их электропроводности или ЕС (Electrical conductivity) [6]. Принцип измерения «активности» солей был разработан проф. Тепе, бывшим директором НИИ почвоведения и питания растений в Гессенхайме (Германия) и в настоящее время широко применяется как наиболее легкий, быстрый и информативный способ контроля за процессом питания растений. Измерительные зонды выполнены из нержавеющей стали. Особых условий для ухода и хранения зондов и прибора не требуется [7]. Использование метода кондуктометрии позволяет в полевых условиях довольно оперативно определить в нем содержание водорастворимых удобрений. Однако данный метод не дает информации о количественном содержании в субстрате конкретных элементов питания [6, 8].

**Основная часть.** Для определения взаимосвязи электропроводности вытяжки субстрата и содержания в нем элементов питания в лабораторных условиях были проведены исследования. В качестве материала исследования использовались субстраты для выращивания семян древесных видов с закрытой корневой системой.

Величина электропроводности субстратов производилась в водной вытяжке (в соотношении 1 : 5 по объему [9]). Для определения химических свойств субстрата применялись следующие методы исследования: величина рН – с помощью рН-метра в солевой вытяжке КСl [10]; обменный калий – по методу А. Д. Масловой на пламенном фотометре [11], подвижные формы фосфора – по методу А. Т. Кирсанова колориметрическим методом в соляно-кислой вытяжке [12]; подвижный аммиачный азот – колориметрическим методом в соляно-кислой вытяжке [13], определение нитратов колориметрическим методом с помощью фенолсульфокислоты [14, 15].

Субстраты были разделены на две группы: в первой группе при приготовлении добавлялись известковые материалы для оптимизации кислотности, во второй – не добавлялись. Эти исследования были проведены в связи с тем, что в нераскисленных субстратах содержится большое количество катионов водорода, подкисляющих торф и влияющих на электропроводность вытяжки.

На рис. 1 представлена взаимосвязь величины рН и электропроводности субстрата в образцах с внесением известковых материалов.

Как видно из графика взаимосвязи, величина электропроводности закономерно увеличивается с возрастанием величины рН в раскисленных известковыми материалами образцах. При этом имеет довольно высокую корреляцию (коэффициент корреляции – 0,74, а коэффициент детерминации – 0,547).

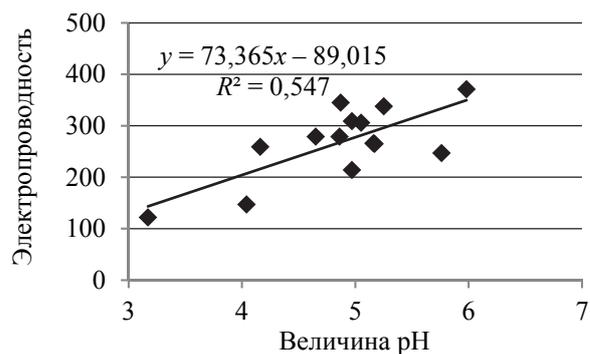


Рис. 1. Взаимосвязь величины рН и электропроводности субстрата

На рис. 2 представлена зависимость величины рН и электропроводности субстрата в образцах, в которые не вносились известковые материалы.

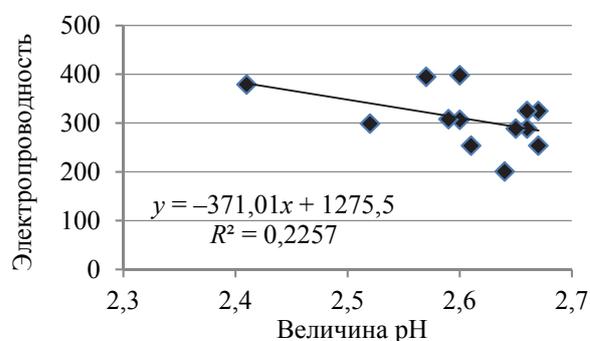


Рис. 2. Взаимосвязь величины рН и электропроводности субстрата

Как видно из анализа взаимосвязи, величина электропроводности, наоборот, закономерно уменьшается с возрастанием величины рН в нераскисленных известковыми материалами образцах. При этом имеет невысокую корреляцию (коэффициент корреляции составил 0,475, а коэффициент детерминации – 0,2257).

На рис. 3 отображена зависимость содержания нитратных ионов и электропроводности субстрата.

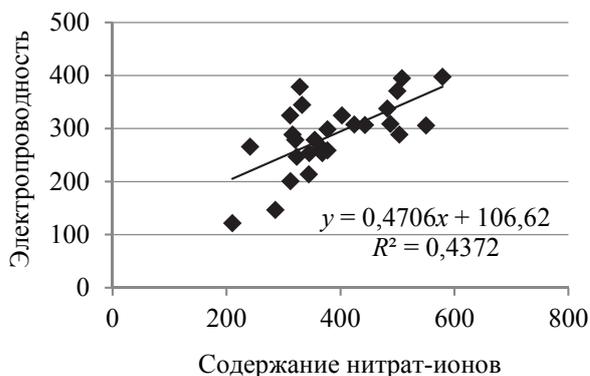


Рис. 3. Взаимосвязь содержания нитратных ионов и электропроводности субстрата

Из рисунка видно, что величина электропроводности закономерно увеличивается с возрастанием содержания нитрат-ионов. При этом имеет среднюю корреляцию (коэффициент корреляции составил 0,661, а коэффициент детерминации – 0,4372).

На рис. 4 представлена взаимосвязь содержания аммонийных анионов и электропроводности субстрата.

Из полученных результатов можно сделать вывод, что величина электропроводности не имеет прослеживаемой зависимости с изменением содержания ионов аммония в субстрате (коэффициент корреляции составил всего 0,052).

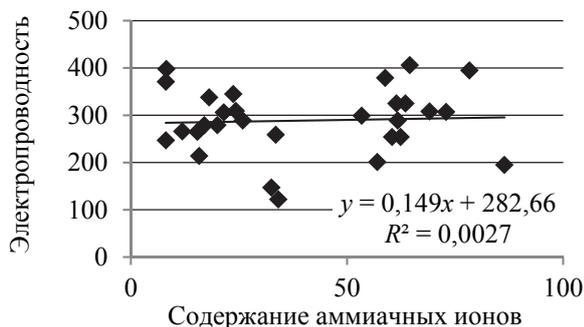


Рис. 4. Взаимосвязь содержания ионов аммония и электропроводности субстрата

На питание растений влияет совместно нитратный и аммонийный азот, поэтому был построен график взаимосвязи общего (аммонийной и нитратной форм) азота с электропроводностью.

На рис. 5 представлена взаимосвязь общего количества нитратных и аммонийных ионов и электропроводности субстрата.

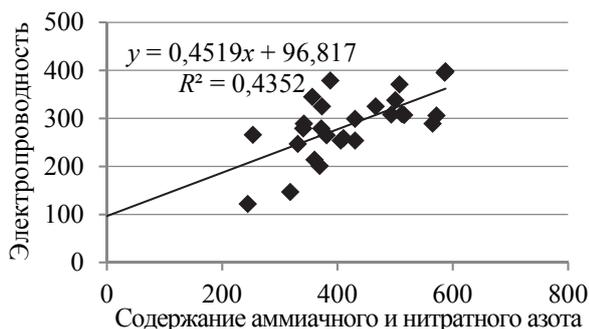


Рис. 5. Взаимосвязь содержания общего азота и электропроводности субстрата

Анализируя полученные данные, можно утверждать, что величина электропроводности закономерно увеличивается с возрастанием содержания нитратных и аммиачных ионов. При этом имеет среднюю корреляцию (коэффициент корреляции составил 0,660, а коэффициент детерминации – 0,4352).

На рис. 6 отображена зависимость содержания фосфат-ионов и электропроводности субстрата.

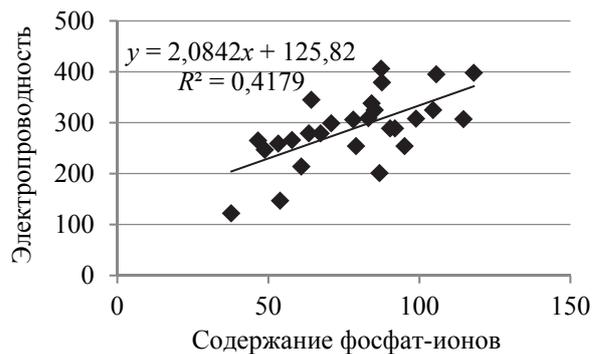


Рис. 6. Взаимосвязь содержания фосфат-ионов и электропроводности субстрата

Полученные результаты показали, что величина электропроводности закономерно увеличивается с возрастанием содержания фосфат-ионов. При этом имеет среднюю корреляцию (коэффициент корреляции составил 0,646, а коэффициент детерминации – 0,4179).

На рис. 7 представлена взаимосвязь ионов калия и электропроводности субстрата.

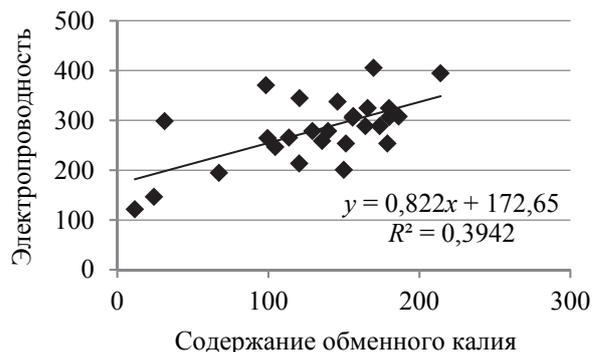


Рис. 7. Взаимосвязь содержания ионов калия и электропроводности вытяжки субстрата

Исследование показало, что величина электропроводности закономерно увеличивается с возрастанием содержания ионов калия. При этом имеет среднюю корреляцию (коэффициент корреляции составил 0,628, а коэффициент детерминации – 0,3942).

Дополнительно для проведения анализа были исследованы образцы на основе верхнего торфа, в которых была установлена электропроводность в водной вытяжке и общее содержание основных ионов. Для сравнения величин катионов величина рН была переведена с абсолютных единиц в концентрацию водородных ионов. Так как величина рН – это логарифм концентрации водородных ионов, а в обратном пересчете – концентрация ионов водорода рассчитана как цифра в степени величины рН.

На рис. 8 представлена взаимосвязь общего содержания основных ионов и электропроводности вытяжки субстрата.

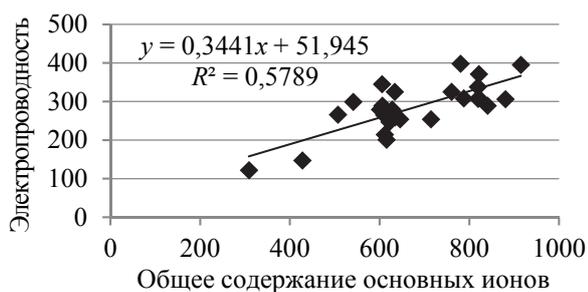


Рис. 8. Взаимосвязь содержания общего содержание основных ионов и электропроводности субстрата

Как видно из анализа взаимосвязи, величина электропроводности закономерно увеличивается с возрастанием общего содержания основных ионов. При этом имеет довольно высокую корреляцию между показателями (коэффициент корреляции составил 0,761, а коэффициент детерминации – 0,5789).

**Заключение.** Установлена взаимосвязь между электропроводностью и содержанием ионов основных элементов питания, содержащихся в составе

используемых комплексных удобрений. Коэффициент корреляции между содержанием отдельных ионов в растворе и величиной электропроводности составил от 0,62 до 0,66 (за исключением аммонийного азота, в котором величина коэффициента корреляции составила 0,052), а при анализе суммарного количества катионов возрос до 0,76. Следовательно, можно утверждать, что с помощью экспресс-метода анализа электропроводности субстрата можно судить и о количестве внесенного в него комплексного минерального удобрения. Из этого заключаем, что определение электропроводности (ЕС) может рассматриваться как метод контроля содержания основных элементов питания при приготовлении субстратов. Исключение может быть для аммонийного азота, поскольку содержание данной формы азота в субстратах может варьировать из-за того, что соли аммония могут распадаться под воздействием как внешних факторов, так и в процессе реакций обмена, происходящих в почвенном растворе, с выделением аммиака в атмосферу.

### Список литературы

1. Материал лесной посадочный хвойных пород с закрытой корневой системой. Технические условия: ТУ ВУ 100061961.001-2015. Введ. 2015. Минск: МЛХ, 2015. 6 с.
2. Отраслевая программа по выращиванию посадочного материала с закрытой корневой системой в организациях Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь на период до 2020 года // Лесное и охотничье хозяйство. 2014. № 6. С. 17–30.
3. Каштелян Т. В., Юрени Е. Г. Ресурсно-экологические и экономические трансформации сквозь призму институций циркулярного формата // Труды БГТУ. Сер. 5, Экономика и управление. 2020. № 1. С. 73–79.
4. Жигунов А. В. Теория и практика выращивания посадочного материала с закрытой корневой системой для лесовосстановления: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук. СПб.: Изд-во СПбЛТА, 1998. 47 с.
5. Технология выращивания посадочного материала сосны и ели с закрытой корневой системой: научно-техническая информация в лесном хозяйстве. Минск, РУП «Белгипролес», 2007. Вып. 4. 32 с.
6. Шишкин П. В. Контроль технологических параметров при выращивании сельскохозяйственных культур // Гавриш. 2012. № 4. С. 17–15.
7. Step Systems by Step Systems. URL: [https://issuu.com/stepsystems7/docs/katalog\\_rus\\_web?e=22545794/35614488](https://issuu.com/stepsystems7/docs/katalog_rus_web?e=22545794/35614488) (дата обращения: 21.09.2017).
8. Зайцев Г. Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. М.: Наука, 1984. – 424 с.
9. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Метод определения содержания водорастворимых солей: ГОСТ 27894.9–88. Введ. 1990-01-01. М.: Изд-во стандартов, 1990. 4 с.
10. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы определения обменной и активной кислотности: ГОСТ 11623–89. Введ. 1991-01-01. М.: Изд-во стандартов, 1991. 6 с.
11. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Определение подвижных форм калия: ГОСТ 27894.6–88. Введ. 1990-01-01. М.: Изд-во стандартов, 1989. 6 с.
12. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Определение подвижных форм фосфора: ГОСТ 27894.5–88. Введ. 1990-01-01. М.: Изд-во стандартов, 1989. 8 с.
13. Торф и продукты его переработки для сельского хозяйства. Методы определения аммиачного азота: ГОСТ 27894.3–88. Введ. 1990-01-01. М.: Изд-во стандартов, 1989. 10 с.
14. Соколовский И. В., Домасевич А. А., Юрени А. В. Практикум по почвоведению с основами земледелия. Минск: БГТУ, 2016. 184 с.
15. Блинцов И. К., Забелло К. Л. Практикум по почвоведению. Минск: Выш. школа, 1979. 207 с.

### References

1. ТУ ВУ 100061961.001-2015. Material forest planting conifers with closed root system. Specifications. Minsk, MLKh Publ., 2015. 6 p. (In Russian)
2. Sectoral program for growing seedlings with closed root system in the organization of the Ministry of Forestry of the Republic of Belarus for the period up to 2020. *Lesnoye i okhotnich'ye khozyaystvo* [Forestry and hunting], 2014, no. 6, pp. 17–30 (In Russian).

3. Kashtelyan T. V., Yurenya E. G. Resource-ecological and economic transformations through the prism of circular institutions. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series 5, Economics and Management, 2020, no. 1, pp. 73–79 (In Russian).

4. Zhigunov A. V. *Teoriya i praktika vyrashchivaniya posadochnogo materiala s zakrytoy kornevoy sistemoy dlya lesovosstanovleniya. Avtoref. dis. ... d-ra s.-kh. nauk* [Theory and practice of growing a planting material with a closed root system for reforestation Diss. DSc (Agriculture Science)]. St. Petersburg, SPbLTA Publ., 1998. 47 p.

5. *Tekhnologiya vyrashchivaniya posadochnogo materiala sosny i eli s zakrytoy kornevoy sistemoy: nauchno-tekhnicheskaya informatsiya v lesnom khozyaystve* [Technology of cultivation of planting material of pine and spruce with closed root system: scientific and technical information in forestry]. Minsk, RUP “Belgiproles” Publ., 2007, issue 4, 32 p. (In Russian).

6. Schischkin P. V. Control of technological parameters in the cultivation of crops. *Gavrish* [Gavrish], 2012, no. 4, pp. 15–17 (In Russian).

7. Step Systems by Step Systems. Available at: [https://issuu.com/stepsystems7/docs/katalog\\_rus\\_web?e=22545794/35614488](https://issuu.com/stepsystems7/docs/katalog_rus_web?e=22545794/35614488) (accessed 21.09.2017).

8. Zaytsev G. N. *Matematicheskaya statistika v eksperimental'noy botanike* [Mathematical statistics in experimental botany]. Moscow, Nauka Publ., 1984. 424 p.

9. GOST 27894.9–88. Peat and products of its processing for agriculture. Method for determining the content of water-soluble salts. Moscow, Standartinform Publ., 1990. 4 p. (In Russian).

10. GOST 11623–89. Peat and products of its processing for agriculture. Methods for determining exchangeable and active acidity. Moscow, Standartinform Publ., 1991. 6 p. (In Russian).

11. GOST 27894.6–88. Peat and products of its processing for agriculture. Determination of mobile forms of potassium. Moscow, Standartinform Publ., 1989. 6 p. (In Russian).

12. GOST 27894.5–88. Peat and products of its processing for agriculture. Determination of mobile forms of phosphorus. Moscow, Standartinform Publ., 1989. 8 p. (In Russian).

13. GOST 27894.3–88. Peat and products of its processing for agriculture. Methods for determination of ammonia nitrogen. Moscow, Standartinform Publ., 1989. 10 p. (In Russian).

14. Sokolovskiy I. V., Domasevitch A. A., Yurenya A. V. *Praktikum po pochvovedeniyu s osnovami zemledeliya* [Workshop on soil science with the basics of agriculture]. Minsk, BGTU Publ., 2016. 184 p.

15. Blintsov I. K., Zabello K. L. *Praktikum po pochvovedeniyu* [Workshop on Soil]. Minsk, Vysh. shkola Publ., 1980. 207 p.

### Информация об авторах

**Носников Вадим Валерьевич** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой лесных культур и почвоведения. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: nosnikov@belstu.by

**Юреня Андрей Владимирович** – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры лесных культур и почвоведения. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: urenya@belstu.by

**Граник Александр Михайлович** – магистр сельскохозяйственных наук, ассистент кафедры лесных культур и почвоведения. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: granik@belstu.by

**Селищева Оксана Александровна** – кандидат сельскохозяйственных наук, ассистент кафедры лесных культур и почвоведения. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: oksana\_selishchava@mail.ru

### Information about the authors

**Nosnikov Vadim Valer'yevich** – PhD (Agriculture), Associate Professor, Head of the Department of Forest Plantations and Soil Science. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: nosnikov@belstu.by

**Yurenya Andrey Vladimirovich** – PhD (Agriculture), Assistant Professor, the Department of Forest Plantations and Soil Science. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: urenya@belstu.by

**Granik Aleksandr Mikhaylovich** – Master of Agriculture, assistant lecturer, the Department of Forest Plantations and Soil Science. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: granik@belstu.by

**Selishcheva Oksana Aleksandrovna** – PhD (Agriculture), assistant lecturer, the Department of Forest Plantations and Soil Science. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: oksana\_selishchava@mail.ru

Поступила 15.03.2021