

УДК 504.055

Оценка уровней шума в Санкт-Петербургском метрополитене

М. А. Андронов, Е. В. Басак, А. К. Шахрай, О. К. Суворова

Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, Россия, 190031, Санкт-Петербург, Московский пр., 9

Для цитирования: Андронов М. А., Басак Е. В., Шахрай А. К., Суворова О. К. Оценка уровней шума в Санкт-Петербургском метрополитене // Известия Петербургского государственного университета путей сообщения. СПб.: ПГУПС, 2024. Т. 21, вып. 3. С. 652–660. DOI: 10.20295/1815-588X-2024-03-652-660

Аннотация

Цель: оценка воздействия уровня шума в вагонах Санкт-Петербургского метрополитена. Определить, какие типы вагонов подвижного состава и с каким сроком эксплуатации используются в метрополитене. Провести оценку того, какие типы вагонов используются на различных линиях метрополитена, а также есть ли зависимость между сроком эксплуатации вагонов и уровнем шума в вагоне. Установить, насколько срок эксплуатации вагонов влияет на уровень шума в вагоне. Провести замеры уровней шума внутри вагонов подвижных составов разного типа на различных ветках метрополитена. Соотнести полученные значения с установленными требованиями СП 2.5.3650-20 «Санитарные правила эксплуатации метрополитенов» значениями предельно допустимых уровней шума в вагонах. Провести анализ уровня шумового воздействия на человека в метрополитене и определить возможные мероприятия по снижению уровня шума в метрополитене. **Методы:** измерения уровня шума на различных станциях и поездах производились специальным инструментальным методом, с использованием цифрового интегрирующего измерителя и анализатора звукового спектра «Октава 110А» 1-го класса точности по ГОСТ Р 53188.1. **Результаты:** выполнены замеры уровней шума в различных типах вагонов на различных ветках Санкт-Петербургского метро. Проведенный анализ результатов натурных замеров уровней шума по эквивалентным и максимальным уровням в метрополитене свидетельствует о превышениях допустимых уровней шума в вагоне «Балтиец» на красной линии метро, в вагоне 81-717/714 на синей линии метро; в вагоне 81-717/714 на фиолетовой линии метро; в вагоне 81-556.2/557.2/558.2 «Нева» на зеленой линии метро. **Практическая значимость:** результаты выполненных акустических замеров могут быть использованы для принятия мер по снижению шума в метрополитене, включая замену старых поездов на более новые.

Ключевые слова: метрополитен, уровень шума, вибрация, воздействие, подвижной состав

Метрополитен входит в число основных источников шума и вибрации в больших городах.

Наземные линии метро оказывают сильное шумовое воздействие на ближайшую жилую застройку на территории городов и могут являться источником постоянных жалоб населения. Кроме того, значительному шумовому воздействию подверга-

ются пассажиры метро при движении состава в перегоне между станциями и на самой станции. Огромное количество людей в мире находятся в зоне сверхнормативного уровня шума в метро в среднем от получаса до двух часов и более [1, 3, 10].

Линии метрополитена мелкого заложения являются источником повышенной вибрации, которая распространяется по грунту

и передается на фундаменты зданий, расположенных в технической зоне метрополитена, по результатам различных исследований на расстояние не менее 70 м от стенки туннеля [12].

Источниками шума в вагоне метро являются: работающие двигатели поезда; пара «колесо — рельс», удары колес на стыках рельсов; движение воздуха, выдавливаемого из тоннеля при движении поезда.

Повышенный уровень шума при движении вагона поезда метро при взаимодействии колес с рельсами увеличивается в местах стыков рельс и при наличии неровностей и дефектов. Уровень шума от вагонов метро при их движении зависит в основном от скорости движения поезда.

Максимальный уровень шума возникает в области контакта рельсов и колес вагона. Под пассажирским вагоном, движущимся со скоростью 120 км/ч, уровень шума может достигать значений от 110 до 115 дБА.

Санитарно-гигиеническими требованиями (табл. 54. СП 2.5.3650–20 «Санитарных правил эксплуатации метрополитенов») установлена величина предельно допустимого уровня шума в пассажирских помещениях метрополитена, которая составляет не более 60 дБА

по эквивалентному уровню, а по максимальному уровню — не более 75 дБА [2].

По результатам выполненных ранее исследований установлено, что акустическое воздействие на людей, которые пользуются метрополитеном в течение 30 минут с уровнем шума в 90 дБА, может быть сравнимо с восьмичасовым шумовым воздействием с уровнем шума 70–80 дБА. У человека, который подвергается воздействию шума с уровнем 70–80 дБА 30 минут в течение рабочей недели, может произойти снижение качества слуха, потеря слуха может составить в среднем 4 дБА на частоте 4 кГц [9].

Снижение уровня шума в метрополитене возможно и осуществляется за счет проведения таких мероприятий, как:

- использование современных шумопоглощающих и виброгасящих материалов;
- проведение своевременного техобслуживания поездов метро;
- замена старых вагонов на более новые с более низкими шумовыми характеристиками [4–8].

В число приоритетных мероприятий для снижения шума в метро в России входят:

1. Виброизоляция верхнего строения пути, в том числе использование прогрессивной

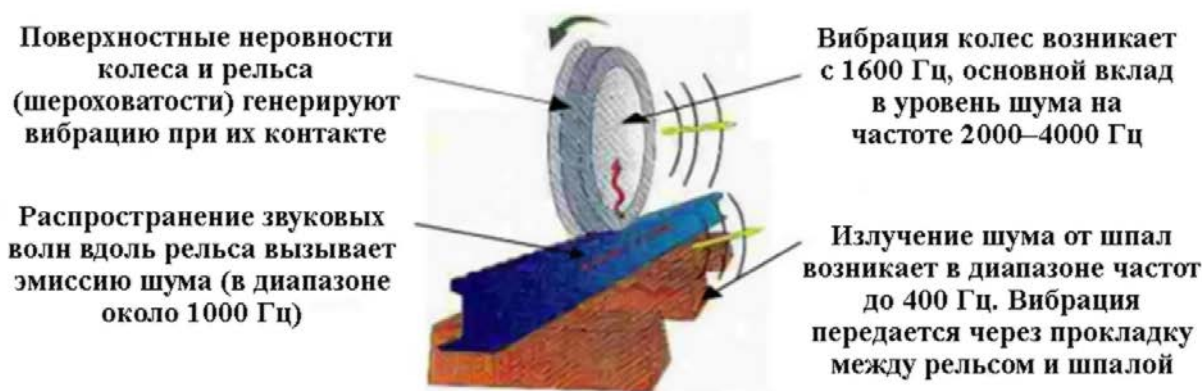


Рис. 1. Источники шумового воздействия при движении вагона метро [6]

технологии LVT — Low Vibration Track, при которой применяются виброгасящие скрепления, бетонные блоки при этом помещаются в резиновый чехол и укладываются в монолитный неармированный бетон.

2. Использование колесных тележек с шумопоглотителями.

3. Использование виброгасящих материалов для пола вагонов, позволяющих снизить уровень шума.

4. Использование специальных шумозащитных окон в вагонах метро.

5. Использование пневматических подвесок на резиновых подушках в новых поездах московского метрополитена вместо ранее применявшихся пружинных подвесок на рессорах.

В 2022 году протяженность пяти линий Петербургского метрополитена составляла 124,8 км. Согласно данным комитета по транспорту администрации Санкт-Петербурга, общественным транспортом за 2022 год ежедневно пользовалось около 4,3 млн человек.

В 2021 году численность парка Санкт-Петербургского метрополитена составляла 1925 вагонов, при этом продолжительность срока службы вагонов в среднем составила 22,4 года, а нормативная продолжительность срока службы вагонов составляет 31 год. В целом изношенность парка подвижного состава составляет 57%, большая часть таких вагонов эксплуатируется на 1-й и 2-й линиях. Высокий процент изношенности вагонов метро влияет на уровень шума при движении составов как на перегонах между станциями, так и на станциях.

На линиях Петербургского метро эксплуатируются следующие типы вагонов подвижного состава:

1. Кировско-Выборгская линия — вагоны типа Ем, 81-722.1/723.1/724.1. С сентября

2022 года в обслуживающее ее электродепо ТЧ-1 «Автово» начались поставки поездов проекта «Балтиец» (81-725.1/726.1/727.1) в 8-вагонном исполнении.

2. Московско-Петроградская линия — вагоны типов 81-717/714, 81-717.5/714.5, 81-717.5П/714.5П, 81541, 81-540.1/541.1, 81-540.9/541.9 и 81-722/723/724 «Юбилейные». К 2026 году в обслуживающее ее электродепо ТЧ-6 «Выборгское» ожидаются поставки поездов проекта «Балтиец» (81-725/726/727) в 6-вагонном исполнении.

3. Невско-Василеостровская линия — вагоны типов 81-556/557/558, 81-556.1/557.1/558.1, 81-556.2/557.2/558.2, 81-722/723/724 и 81-722.3/723.3/724.3.

4. Правобережная линия — вагоны типов 81-717/714, 81-714.5, 81-717.5П/714.5П, 81-540/541, 81-541.5 и 541.8 в составе 7-вагонных поездов.

5. Фрунзенско-Приморская линия — вагоны типов 81-714, 81-717.5/714.5, 81-717.5П/714.5П, 81-540/541, 81-540.2/541.2, 81-540.5/541.5 и 81-540.7/541.7. К 2025 году в обслуживающее ее электродепо ТЧ-7 «Южное» ожидается первая поставка поезда проекта «Балтиец» (81-725/726/727).

6. Красносельско-Калининская линия — планируется эксплуатация вагонов моделей 81-725/726/727 «Балтиец»; после ввода в эксплуатацию электродепо ТЧ-8 «Красносельское» для «полноценного» обслуживания линии — 81-717/714.

Ранее были проведены натурные замеры уровней шума в петербургском метрополитене. Контрольные замеры уровней шума выполнены специалистами аккредитованной лаборатории ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии по г. Санкт-Петербургу». Акустические замеры проводились в вагонах типа

«Ем» (бортовые номера 3734 и 3844, 1967 и 1970 годов выпуска).

По результатам выполненных замеров установлено, что уровни шума в вагонах при движении от станции «Перспект Ветеранов» до станции «Девяткино» составили 82–87 дБА по эквивалентному уровню, что не соответствует требованиям гигиенических нормативов.

Как уже говорилось выше, замена изношенного подвижного состава на новый является одним из мероприятий по снижению шума как в вагонах метро, так и на станциях.

В настоящее время ГУП «Петербургский метрополитен» проводит крупное обновление подвижного на красной линии (Кировско-Выборгской). Обновление подвижного состава повлечет за собой серьезную реконструкцию обслуживающей поезда метро инфраструктуры. Предусматривается замена устаревшего электрооборудования на совмещенных тягово-понижительных подстанциях: СТП-2 станции «Кировский завод», СТП-12 станции «Лесная», СТП-16 станции «Гражданский проспект»

и кабельно-проводниковой продукции в перегонных тоннелях. В ходе реконструкции предусматривается перевод всего электрооборудования с действующего в СТП напряжения 110 В на 220 В.

ГУП «Петербургский метрополитен» в 2024 году введет в эксплуатацию 54 новых вагонов класса «Нева», появятся девять новых электропоездов с низкими уровнями шума.

В настоящей работе были проведены замеры уровней шума в пассажирских помещениях вагонов на различных ветках Санкт-Петербургского метрополитена при движении в тоннеле, проведена оценка соответствия полученных результатов акустических замеров нормативным требованиям.

В ходе исследований были проведены замеры шума по эквивалентному и максимальному уровням — L (Аэкв.) и L (Амакс.) в соответствии с ГОСТ 23337.

Измерения уровня шума производились инструментальным методом с использованием цифрового интегрирующего измерителя и анализатора спектра «Октава 110А» 1-го класса точности по ГОСТ Р 53188.1.

ТАБЛИЦА 1. Результаты проведенных замеров уровней шума

Линии и вагоны метро	Результаты замеров шума, эквивалентный уровень, дБА	Результаты замеров шума, максимальный уровень, дБА	Нормативный уровень шума, дБА, эквивалентный уровень	Нормативный уровень шума, дБА, максимальный уровень
Красная линия метро:			60	75
Вагон «Балтиец»	70,7	83,1		
Вагон Ем-501 6257	68,7	82,7		
Синяя линия метро				
Вагон 81-717/714	82,2	93,2		
Фиолетовая линия метро				
Вагон 81-717/714	80,7	86,1		
Оранжевая линия метро				
Вагон 81-717/714	67,9	80,6		
Зеленая линия метро				
81-556.2/557.2/558.2 «Нева»	73,2	90,1		

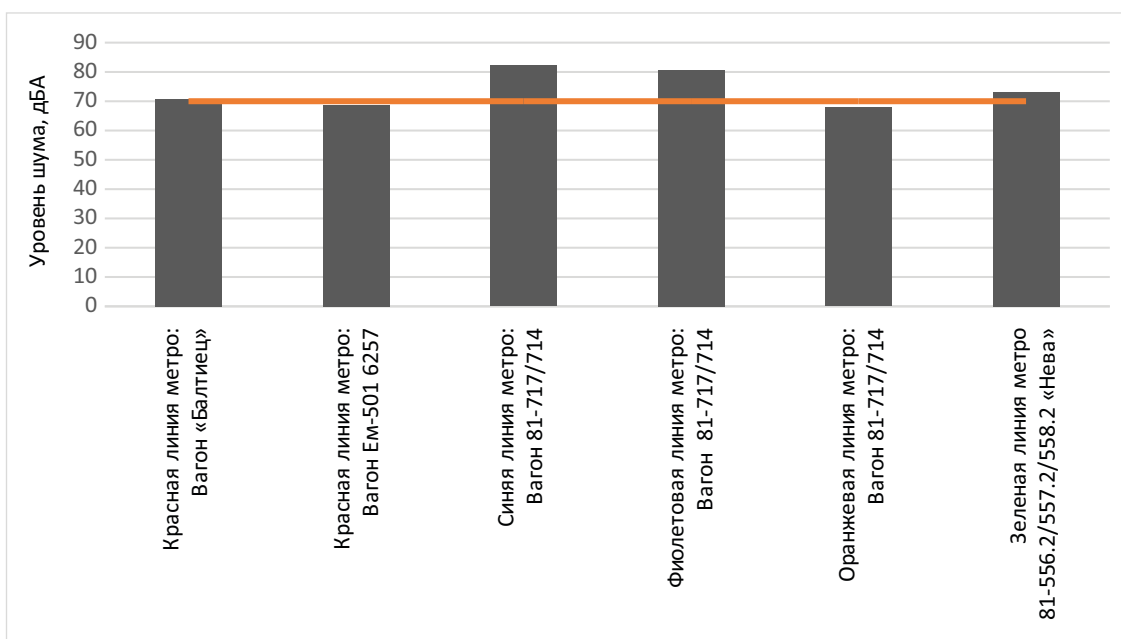


Рис 2. Диаграмма эквивалентных уровней шума (дБА) в вагонах на различных линиях петербургского метро

Акустические замеры были проведены на следующих линиях метро:

1. Красная линия метро.

Были проведены замеры эквивалентных уровней шума для двух видов вагонов: нового («Балтиец» — 70,7 дБА) и старого (EM-501 6257–68,7 дБА), что не соответствует требованиям СП 2.5.3650-20.



Рис. 3. Вагон «Балтиец» [11]



Рис. 4. Вагон EM-501 6257 [11]

2. Синяя линия метро.

Были проведены замеры эквивалентных уровней шума в вагоне 81-717/714 на перегоне со станции «Сенная Площадь» — 82,2 дБА, что не соответствует требованиям СП 2.5.3650-20.



Рис. 5. Вагон 81-717/714 [11]



Рис. 6. Вагон 81-556 «Нева» [11]

Многие пассажиры жаловались на повышенный шум перед станцией «Московская», однако состав, приближаясь к этому участку, входит в поворот, и поезд замедляется, ощущения у пассажиров оказываются ложными.

3. Фиолетовая линия метро.

Были проведены замеры эквивалентных уровней шума на перегоне со станции «Садовая» (вагон 81-717/714), был получен результат 80,7 дБА, что не соответствует требованиям СП 2.5.3650–20.

4. Оранжевая линия метро.

Замеры проводились на перегоне со станции «Спасская» (вагон 81–717/714). Был получен самый тихий результат среди всех веток метро — 67,9 дБА, что не соответствует требованиям СП 2.5.3650-20.

5. Зеленая линия метро.

Замеры проводились на перегоне со станции «Беговая» в новом вагоне «Нева» третьей серии (81-556.2/557.2/558.2). По результатам замеров уровень шума составил 73,2 дБА, что не соответствует требованиям СП 2.5.3650-20.



Рис. 7. 81–556.2/557.2/558.2 «Нева» [11]

По результатам замеров установлено, что в пассажирских салонах вагонов метро на всех исследованных отрезках выявлены превышения предельно допустимых уровней шума (СП 2.5.3650-20 «Санитарные правила эксплуатации метрополитенов»), в том числе: на красной линии метро — вагон «Балтиец»; на синей линии метро — вагон 81-717/714; на фиолетовой линии метро — вагон 81-717/714; на зеленой линии метро — вагон 81-717/714.

Таким образом, по результатам проведенных замеров можно сделать вывод о необходимости дополнительных шумо- и виброзащитных мероприятий в метро.

Для снижения уровня акустического воздействия на пассажиров, пользующихся поездами метро, в качестве личных средств индивидуальной защиты органов слуха можно рекомендовать использовать наушники с шумоподавлением, новые комфортные модели берушей.

Библиографический список

1. Васильева В. В. Автотранспортный шум в городах и его влияние на окружающую среду // Мир транспорта и технологических машин. 2010. № 3. С. 101–108.
2. СП 2.5.3650-20. Санитарные правила эксплуатации метрополитенов.
3. Проблема снижения шума и вибрации поездов: сборник трудов II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Защита населения от повышенного шумового воздействия» (Санкт-Петербург, 17–19 марта 2009 года). СПб., 2009. С. 9–35.
4. Превентивное шлифование рельсов для снижения уровня шума // Железные дороги мира. 2011. № 12. С. 63–66.
5. ГОСТ Р 54931–2012. Экраны акустические для железнодорожного транспорта. Технические требования.
6. Шум метро // АкустикДом [Электронный ресурс]. URL: <https://acousticdom.ru/poleznoe/shum-metro>.
7. СП 353.1325800.2017. Защита от шума объектов метрополитена. Правила проектирования, строительства и эксплуатации.
8. Исаков А. Л., Смолин Ю. П. Сравнительная оценка уровня виброколебаний путевого бетона в метро с различными типами подрельсовых оснований // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. 2017. № 4 (43). С. 40–44.
9. Новиков А. В., Родионов А. В., Сумарукова О. В. Оценка шумового воздействия на Северном участке Московского Центрального кольца // Международный научно-исследовательский журнал. 2020. № 5 (95). Ч. 1. С. 97–100.
10. Андрущенко А. К. Оценка и снижение шума на станции метрополитена открытого типа // NOISE Theory and Practice. 2017. Т. 3, № 2. С. 25–37.
11. Какие вагоны можно встретить в метро Петербурга? // Приложение transportSpb [Электронный ресурс]. URL: <https://transportspb.com/kakie-vagoni-mogno-vstretit-v-metro-peterburga>.
12. Цукерников И. Е., Смирнов В. А. Измерения и анализ вибрации, вызванной движением поездов метрополитена на близлежащие здания, и разработка мероприятий по их снижению // Ученые записки физического факультета Московского университета. 2017. № 5.

Дата поступления: 06.05.2024

Решение о публикации: 14.06.2024

Контактная информация:

СУВОРОВА Ольга Константиновна — канд.

ф.-м. наук, доцент; suolko@gmail.com

АНДРОНОВ Матвей Андреевич — студент;

matveyka20003@mail.com

БАСАК Екатерина Валерьевна — студент;

katerina.bs003@yandex.ru

ШАХРАЙ Алина Константиновна — студент;

alina.kholod00@mail.ru

Assessment of noise levels in the St. Petersburg metro

M. A. Andronov, E. V. Basak, A. K. Shakhrai, O. K. Suvorova

Emperor Alexander I Petersburg State Transport University, 9, Moskovsky pr., Saint Petersburg, 190031, Russia

For citation: *Andronov M. A., Basak E. V., Shakhrai A. K., Suvorova O. K.* Assessment of noise levels in the St. Petersburg metro // Proceedings of Petersburg Transport University. 2024. Vol. 21, iss. 3. P. 652–660. (In Russian) DOI: 10.20295/1815-588X-2024-03-652-660

Abstract

Purpose: to assess the impact of noise levels in St. Petersburg metro cars. Identify what types of cars used on various metro lines. Determine what types of rolling stock cars used in the metro. Determine how much the service life of the cars affects the noise level in the car. Conduct measurements of noise levels inside the carriages of rolling stock of various types on various metro lines. Correlate the obtained values with the established requirements of SP 2.5.3650–20 “Sanitary rules for the operation of subways” with the values of maximum permissible noise levels in cars. Conduct an analysis of the level of noise impact on humans in the metro and identify possible measures to reduce the noise level in the metro. **Methods:** measurements of noise levels at various stations and trains were carried out by a special instrumental method, using a digital integrating meter and an Octave 110A sound spectrum analyzer of 1st accuracy class according to GOST R 53188.1. **Results:** measurements of noise levels carried out in various types of cars on various branches of the St. Petersburg metro. An analysis of the results of field measurements of noise levels for equivalent and maximum levels in the metro shows that permissible noise levels are exceeded in the “Baltiets” car on the red metro line, in car 81-717/714 on the blue metro line; in car 81-717/714 on the purple metro line; in car 81-556.2/557.2/558.2 “Neva” on the green metro line. **Practical significance:** identification of the obtained data show necessary measures to reduce noise in the metro. Installation of sound-absorbing materials at stations and on trains. Replacing old trains with newer ones.

Keywords: metro, noise level, vibration, impact, rolling stock

References

1. Vasil'eva V. V. Avtotransportnyj shum v gorodah i ego vliyanie na okruzhayushchuyu sredu // Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2010. № 3. S. 101–108. (In Russian)
2. SP 2.5.3650-20. Sanitarnye pravila ekspluatscii metropolitenov. (In Russian)
3. Problema snizheniya shuma i vibracii poezdov: sbornik trudov II Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem “Zashchita naseleniya ot povyshennogo shumovogo vozdejstviya” (Sankt-Peterburg, 17–19 marta 2009 goda). SPb., 2009. S. 9–35. (In Russian)
4. Preventivnoe shlifovanie rel'sov dlya snizheniya urovnya shuma // Zheleznye dorogi mira. 2011. № 12. S. 63–66. (In Russian)
5. GOST R 54931-2012. Ekраны акустические для железнодорожного транспорта. Технические требования. (In Russian)
6. Shum metro // AkustikDom [Elektronnyj resurs]. URL: <https://acousticdom.ru/poleznoe/shum-metro>. (In Russian)
7. SP 353.1325800.2017. Zashchita ot shuma ob'ektov metropolitena. Pravila proektirovaniya, stroitel'stva i ekspluatscii. (In Russian)
8. Isakov A. L., Smolin Yu. P. Sravnitel'naya ocenka urovnya vibrokolebanij putevogo betona v metro

s različnymi tipami podrel'sovyh osnovanij // Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta putej soobshcheniya. 2017. № 4 (43). S.40–44. (In Russian)

9. Novikov A. V., Rodionov A. V., Sumarukova O. V. Ocenka shumovogo vozdejstviya na Severnom uchastke Moskovskogo Central'nogo kol'ca // Mezh-dunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2020. № 5 (95). Ch. 1. S. 97–100. (In Russian)

10. Andryushchenko A. K. Ocenka i snizhenie shuma na stancii metropolitena otkrytogo tipa // NOISE Theory and Practice. 2017. T. 3, № 2. S. 25–37. (In Russian)

11. Kakie vagony mozžno vstretit' v metro Peterburga? // Prilozhenie transportSpb [Elektronnyj resurs]. URL: <https://transportspb.com/kakie-vagoni-mogno-vstretit-v-metro-peterburga>. (In Russian)

12. Cukernikov I. E., Smirnov V. A. Izmereniya i analiz vibracii, vyzvannoj dvizheniem poezdov

metropolitena na blizlezhashchie zdaniya, i razrabotka meropriyatij po ih snizheniyu // Uchenye zapiski fizicheskogo fakul'teta Moskovskogo Universiteta. 2017. № 5. (In Russian)

Received: 06.05.2024

Accepted: 14.06.2024

Author's information:

Olga K. SUVOROVA — PhD, Associate Professor;
e-mail: suolko@gmail.com

Matvej A. ANDRONOV — Student;
matveyka20003@mail.com

Ekaterina V. BASAK — Student;
katerina.bs003@yandex.ru

Alina K. SHAKHRAY — Student;
alina.kholod00@mail.ru