

А. С. Едаменко, А. В. Ястребинская, А. Ю. Семейкин

(Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова;
e-mail: a-edamenko@mail.ru)

ИССЛЕДОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКОГО ДИСКОМФОРТА И ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В РЕЗУЛЬТАТЕ УВЕЛИЧЕННОГО ПОТОКА АВТОТРАНСПОРТА В ЮЖНОМ МИКРОРАЙОНЕ Г. БЕЛГОРОД

РЕЗЮМЕ

Введение. Настоящее время характеризуется быстрым развитием городов и как следствие обострением целой совокупности проблем. Города обеспечивают достаточно высокий уровень жизни населения, удовлетворяют их потребности, но вместе с тем, являются центром возникновения существенных экологических проблем. Всё это связано с чрезмерной концентрацией транспорта и объектов экономики на сравнительно небольших территориях.

Цели и задачи. Целью работы является оценка уровня воздействия транспортных средств по показателям шумового загрязнения и загрязнения атмосферного воздуха в г. Белгороде. Построение шумовых карт отдельных микрорайонов г. Белгорода и расчёт выбросов основных загрязняющих веществ в воздух от потоков автотранспорта позволит спрогнозировать и выявить участки городской среды, в которых наблюдаются превышение установленных санитарно-гигиенических нормативов.

Методы исследования. Исследование шумовой обстановки в отдельных районах города проводили в соответствии с требованиями ГОСТ 20444-2014 и ГОСТ 53187-2008. В качестве основной характеристики выступал эквивалентный уровень звука транспортных потоков, рассчитанный по результатам инструментальных замеров уровня шума.

Для оценки загрязнения воздушной среды проводились расчёты по Методике расчётов выбросов в атмосферу загрязняющих веществ автотранспортом на городских магистралях. Натурные наблюдения по изучению автотранспортных потоков проводились в дневное время.

Результаты и их обсуждение. Полученные данные об уровне шума на территории исследуемого микрорайона были использованы для составления шумовой карты, что даёт возможность выявлять участки городской среды, не отвечающие санитарно-гигиеническим требованиям по шумовому фактору. Данные расчёта выбросов вредных веществ от автотранспорта могут быть использованы для создания экологических паспортов и полезны при принятии решений по уменьшению негативного влияния транспорта на экологическую ситуацию промышленных городов.

Заключение. Исследование шумового загрязнения и загрязнения атмосферного воздуха, источником которого является автотранспорт, в условиях городской среды, даёт возможность разработать комплекс оздоровительных, природоохранных, градостроительных мероприятий и ряд архитектурно-планировочных решений, направленных на снижение уровня шумового загрязнения и загрязнения атмосферного воздуха в этих районах.

Ключевые слова: урбанизированные территории, автотранспорт, шумовое загрязнение, выбросы вредных веществ.

Для цитирования: Едаменко А. С., Ястребинская А. В., Семейкин А. Ю. Исследование акустического дискомфорта и загрязнения окружающей среды в результате увеличенного потока автотранспорта в южном микрорайоне г. Белгород // Технологии техносферной безопасности. – 2021. – Вып. 1 (91). – С. 85-94. <https://doi.org/10.25257/TTS.2021.1.91.85-94>

Одна из острейших проблем, с которой столкнулось современное общество, связана с урбанизацией [1].

Среди всех проблем, связанных с урбанизацией, можно выделить загрязнение окружающей среды.

Среди всех факторов, влияющих на среду обитания человека, особенно на урбанизированных территориях, можно выделить увеличение количества транспортных средств [2-3].

Согласно исследованиям, количество автомобилей в мире постоянно растёт. Только в России за несколько лет количество легковых транспортных средств выросло на 37 %. Парк легковых автомобилей на конец 2019 г. составил 48,43 млн единиц [4].

Развитие территории и населения г. Белгород обуславливает неизбежный рост количества автотранспорта. Увеличение интенсивности дорожного движения приводит к загрязнению городской среды. Акустический дискомфорт и повышенная концентрация аэрозолей в воздухе это те две основные проблемы, с которыми сталкивается городское население. Также отмечается рост количества жалоб населения на шум от автотранспорта и высокую загазованность воздуха в районах крупных автомагистралей.

В этой работе были рассмотрены две проблемы городских территорий – акустический дискомфорт и ущерб окружающей среде отработавшими газами автомобилей.

При исследовании акустической обстановки в Южном микрорайоне города проводились измерения уровня звукового давления в дневное время [5-6]. Для замера использовался шумомер "Экофизика-110". При этом основной характеристикой выступал эквивалентный уровень звука. Состав транспортного потока за отдельные временные интервалы измерения, в том числе разделение общественного транспорта от грузового и легкового, определяли путём визуального подсчёта количества транспортных средств различного типа, проехавших мимо точки измерения за временной интервал измерения.

Для транспорта каждого вида были рассчитаны средние уровни звука:

$$\bar{L}_{E Ai} = 10 \lg \left(\frac{1}{n_i} \sum_{i=1}^{n_i} 10^{0,1 L_{EA}} \right). \quad (1)$$

где n_i – число проходов транспортного средства определённого типа;

L_{EA} – измеренный уровень звукового воздействия.

Те данные, которые были получены путём измерений, усреднялись, а эквивалентный уровень рассчитывался:

$$L_{Aeq(потока)}^{авт} = 10 \lg \left(\frac{1}{T} \left[10^{\frac{\bar{L}_{EAa} + 10 \lg n_a}{10}} + 10^{\frac{\bar{L}_{EAc} + 10 \lg n_c}{10}} + 10^{\frac{\bar{L}_{EAd} + 10 \lg n_d}{10}} \right] \right), \quad (2)$$

где $L_{Aeq(потока)}^{авт}$ – эквивалентный уровень звука автотранспортного потока за временной интервал наблюдения, дБА;

T – период времени, в течение которого проводились измерения;

$\bar{L}_{EAi}$ – средний уровень звукового воздействия от легковых автомобилей, дБА;

$\bar{L}_{EAz}$ – средний уровень звукового воздействия от грузового транспорта, дБА;

$\bar{L}_{EAo}$ – средний уровень звукового воздействия от общественного транспорта (автобусы и троллейбусы), дБА;

$n_{\text{л}}, n_{\text{г}}, n_{\text{о}}$ – число легковых, грузовых автомобилей и общественного транспорта (автобусы и троллейбусы) соответственно, в потоке за временной интервал наблюдения.

Далее по результатам расчётов эквивалентных уровней звука были построены шумовые карты местности. Для построения карт использовался пакет программ АРМ "Акустика". Данную программу можно использовать для создания пространственного плана с учётом всех существующих источников шума и с учётом застройки [7].

В табл. 1 представлены данные об интенсивности движения транспорта в Южном микрорайоне г. Белгород.

Таблица 1

Интенсивность движения на рассматриваемой территории

№ п/п	Рассматриваемый участок	Количество автомобилей		
		Транспорт легковой	Транспорт грузовой	Транспорт общественный (троллейбусы и автобусы)
1	ул. Губкина	1750	270	140
2	ул. Щорса	1500	200	140
3	ул. Конева	1150	40	60
4	ул. Буденного	1300	50	70

Результаты расчёта $L_{Aeq(потока)}$ с учётом зависимости от интенсивности, скорости и состава транспортных потоков представлены в табл. 2. Для расчёта использовалась методика, изложенная в [5].

Таблица 2

Эквивалентный уровень шума

№ п/п	Рассматриваемый участок	Эквивалентный уровень шума, дБА	
		Данные измерений	Расчётные данные
1	ул. Губкина	73,0	72,1
2	ул. Щорса	76,4	75,6
3	ул. Конева	73,4	74,4
4	ул. Буденного	73,1	72,3

Данные таблицы позволяют говорить о том, что на всех участках наблюдается превышение допустимых значений. Согласно санитарным нормам Российской Федерации, для территорий, непосредственно прилегающих к жилым домам, уровень шума в дневное время (с 8:00 до 23:00) не должен превышать 55 дБА.

Результаты расчётов эквивалентных уровней звука (дБА), были использованы для составления карты шумового загрязнения данного микрорайона в дневное время (рис. 1).

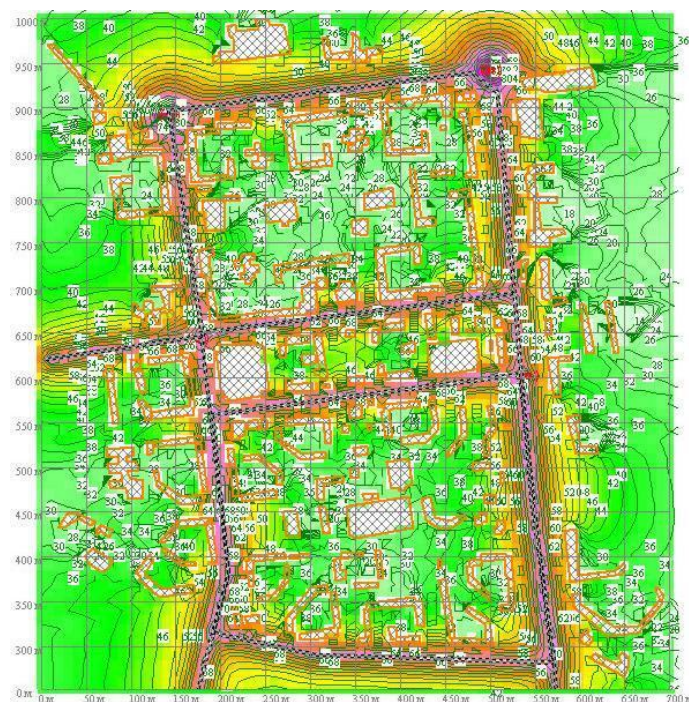


Рис. 1. Карта распределения шумовой нагрузки в Южном микрорайоне г. Белгород

Данные рис. 1 позволяют определить наиболее акустически проблемные участки. По эквивалентному уровню звука можно сделать вывод о том, что наибольшее превышение шума наблюдается на улице Щорса и улице Губкина. Все жители домов, которые находятся вблизи этих улиц, испытывают акустический дискомфорт.

Для оценки значений выбросов загрязняющих веществ в атмосферу автомобильными транспортными потоками на городских магистралях использовалась *методика расчёта выбросов в атмосферу загрязняющих веществ автотранспортом на городских магистралях (далее – Методика)*¹. Данные, полученные путём расчёта, в дальнейшем могут быть использованы для оценки показателей воздействия транспорта на окружающую среду.

В качестве исходных данных использовались интенсивность транспортных потоков и их структура [8, 9].

Согласно Методике выброс i -го вещества транспортным средством на определённом участке дороги определяется по формуле:

$$M_{Li} = \frac{L}{3600} \cdot \sum_1^k M_{k,i}^{\Pi} \cdot G_k \cdot r_{vk,i}, \quad (3)$$

где $M_{k,i}^{\Pi}$ (г/км) – количество i -го вредного вещества от транспортного средства при движении в городских условиях;

L – длина рассматриваемого участка автодороги;

k – число групп автомобилей;

G_k – количество автомобилей каждой группы;

$r_{vk,i}$ – поправочный коэффициент, учитывающий среднюю скорость движения транспортного потока на рассматриваемом участке дороги.

¹ Методика расчёта выбросов в атмосферу загрязняющих веществ автотранспортом на городских магистралях (утв. Приказом Госкомэкологии от 14 апреля 1997 г. № 158). <https://docs.cntd.ru/document/1200041453?marker>

В местах пересечения автомагистралей при расчёте уровня загрязнения следует исходить из максимальных значений содержания вредных веществ в отработавших газах автотранспортных средств.

При запрещающем сигнале светофора в зоне перекрёстка выброс i -го вещества определяется по формуле:

$$M_{\Pi i} = \frac{P}{40} \cdot \sum_{n=1}^{N_{\Pi}} \sum_{k=1}^{N_{\Gamma}} (M'_{\Pi i, k} \cdot G_{k, n}), \quad (4)$$

где P – время действия запрещающего сигнала светофора;

N_{Π} – количество циклов действия запрещающего сигнала светофора;

N_{Γ} – количество групп автомобилей;

$M_{\Pi i}$ – удельный выброс i -го вещества автомобилями k -й группы, находящихся у запрещающего сигнала светофора;

$G_{k, n}$ – количество автомобилей k -й группы, которые находятся в зоне перекрёстка в конце n -го цикла запрещающего сигнала светофора.

Для определения суммарного выброса i -го вредного вещества использовалась формула:

$$M = \sum_1^p (M_{\Pi 1} + M_{\Pi 2}) + (M_{L1} + M_{L2}) + \sum_1^q (M_{\Pi 3} + M_{\Pi 4}) + (M_{L3} + M_{L4}), \quad (5)$$

где M – суммарный выброс i -го вещества;

p, q – количество остановок автотранспортного потока перед перекрёстком на одной и другой улицах его образующих;

1, 2, 3, 4 – показатели, которые соответствуют каждому из 2-х направлений движения автотранспорта на перекрёстке с большей интенсивностью (1, 2) движения и с меньшей интенсивностью (3, 4) движения.

В данной работе расчёты проводились для трёх веществ:

- оксид углерода;
- оксиды азота;
- диоксид серы.

Результаты расчёта для каждого участка и для каждого вещества представлены в табл. 3-5.

Таблица 3

Расчёт выбросов CO

№ п/п	Рассматриваемый участок	Массовый выброс, г/с
1	ул. Губкина	6,79
2	ул. Щорса	5,28
3	ул. Конева	4,59
4	ул. Буденного	5,06

Анализ выбросов оксида углерода (CO) показывает, что наибольшее значение его массового выброса производится на ул. Губкина.

Таблица 4

Расчёт выбросов NOx

№ п/п	Рассматриваемый участок	Массовый выброс, г/с
1	ул. Губкина	0,30
2	ул. Щорса	0,28
3	ул. Конева	0,19
4	ул. Буденного	0,22

Данные табл. 4 позволяют сделать вывод, что на ул. Губкина наибольшее значение массовых выбросов оксидов азота. При этом следует отметить, что полученные значения приводятся в пересчёте на диоксид азота.

Таблица 5

Расчёт выбросов SO₂

№ п/п	Рассматриваемый участок	Массовый выброс, г/с
1	ул. Губкина	0,029
2	ул. Щорса	0,014
3	ул. Конева	0,017
4	ул. Буденного	0,011

Дальнейший анализ таблиц позволяет определить, что самый загрязнённый участок – это ул. Губкина, как одна из наиболее загруженных улиц города в этом микрорайоне.

Данные, полученные в результате этих расчётов, в дальнейшем могут быть использованы для составления отчётов по выбросам с дальнейшей оценкой воздействия автотранспорта на городские улицы и в целом на окружающую среду.

Выводы

Результаты проделанной работы позволяют выделить наиболее загруженные участки автомагистрали в одном из микрорайонов г. Белгород. Данные шумовой карты позволяют определить наиболее акустически проблемные участки. Все это позволит в дальнейшем разработать комплекс мероприятий по оздоровлению городов, градостроительству и ряда архитектурно-планировочных решений, направленных на снижение негативного воздействия транспорта на городские улицы и населения, проживающего в городах.

Работа выполнена в рамках Программы развития опорного университета на базе Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова

Литература

1. Лаппо Г. М. Урбанизация в России // Экология урбанизированных территорий. 2006. № 1. С. 6-12.
2. Горбачев О. В. Российская урбанизация в XX веке как междисциплинарная проблема // Вестник Брянского государственного университета. 2012. № 2-1. С. 67-71.
3. Едаменко А. С. Проблемы урбанизированных российских территорий // Научно-методический электронный журнал "Концепт". 2018. № 4. С. 102-107. <https://doi.org/10.24422/MCITO.2018.4.12375>
4. Российский статистический ежегодник. 2020: стат. сб. М.: Росстат, 2020. 700 с. <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/12994>
5. Семейкин А. Ю. Оценка шумовой обстановки городской среды в отдельных микрорайонах г. Белгорода // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В. Г. Шухова. 2017. № 9. С. 56-60. https://doi.org/10.12737/article_59a93b0921c674.33606701
6. Иванов Н. И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом. М.: Университетская книга, Логос, 2008. 424 с.
7. АРМ "Акустика" 2.4. Руководство пользователя. М.: МНПО "Экоблик", 2008. 22 с.
8. Фандеев Н. П., Стрельникова Л. В., Михалюк Н. С. Определение выбросов вредных веществ автотранспортом на городской магистрали // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2014. Вып. 2. С. 292-303.
9. Гура Д. А., Дубенко Ю. В., Марковский И. Г. Мониторинг объектов транспортной инфраструктуры с применением сканирующих технологий // Технологии техносферной безопасности. 2020. Вып. 2 (88). С. 74-86. <https://doi.org/10.25257/TTS.2020.2.88.74-86>.

Материал поступил в редакцию 15 октября 2020 г.; принят к публикации 12 февраля 2021 г.

A. S. Edamenko, A. V. Yastrebinskaya, A. Yu. Semeykin
(Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov;
e-mail: a-edamenko@mail.ru)

RESEARCH OF ACOUSTIC DISCOMFORT AND POLLUTION ENVIRONMENT BY INCREASED FLOW MOTOR TRANSPORTATION IN THE SOUTH DISTRICT OF BELGOROD

ABSTRACT

Introduction. The present time is characterized by the rapid development of cities and, as a consequence, the aggravation of a whole set of problems. Cities provide a fairly high standard of living for the population, satisfy their needs, but at the same time, they are the center of the significant environmental problems. All this is due to the excessive concentration of transport and economic facilities in relatively small areas.

Goals and objectives. The aim of the work is to assess the level of impact of vehicles in terms of noise pollution and air pollution in Belgorod. Construction of noise maps of individual microdistricts of Belgorod and calculation of emissions of the main pollutants into the air from traffic flows, which will make it possible to predict and identify areas of the urban environment where the established sanitary and hygienic standards are exceeded.

Methodology. The study of the noise situation in certain areas of the city was carried out in accordance with the requirements of GOST 20444-2014 and GOST 53187-2008. The main characteristic was the equivalent sound level of traffic flows, calculated from the results of instrumental measurements of the noise level.

To assess air pollution, calculations were carried out according to the methodology for calculating emissions of pollutants into the atmosphere by vehicles on city highways. Field observations to study traffic flows were carried out in the daytime.

Results and its discussion. The obtained data on the noise level on the territory of the studied microdistrict were used to compile a noise map, which makes it possible to identify areas of the urban environment that do not meet sanitary and hygienic requirements for the noise factor. Calculation data for emissions of harmful substances from vehicles can be used to create environmental passports and are useful in making decisions to reduce the negative impact of transport on the environmental situation of industrial cities.

Conclusion. The study of noise pollution and atmospheric air pollution, the source of which is motor vehicles, in an urban environment, makes it possible to develop a complex of health-improving, environmental, urban planning measures and a number of architectural and planning solutions aimed at reducing the level of noise pollution and air pollution in these areas.

Key words: urbanized areas, vehicles, noise pollution, emissions of harmful substances.

The work is realized in the framework of the Program of flagship university development on the base of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

For citation: Edamenko A. S., Yastrebinskaya A. V., Semeykin A. Yu. Research of acoustic discomfort and pollution environment by increased flow motor transportation in the south district of Belgorod. *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti / Technology of technosphere safety*, 2021, vol. 1 (91), pp. 85-94 (in Russian). <https://doi.org/10.25257/TTS.2021.1.91.85-94>

References

1. Lappo G. M. Urbanization in Russia. *Ekologiya urbanizirovannyh territorij / Ecology of urbanized territories*, 2006, no. 1, pp. 6-12 (in Russian).
2. Gorbachev O.V. Russian urbanization in the XX century as an interdisciplinary problem. *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta / Bulletin of the Bryansk State University*, 2012, no. 2-1, pp. 67-71 (in Russian).
3. Edamenko A. S. Problems of urbanized Russian territories. *Nauchno-metodicheskij elektronnyj zhurnal "Koncept" / Scientific and methodological electronic journal "Concept"*. 2018, no. 4, pp. 102-107 (in Russian).
4. Rossiyskiy statisticheskiy ezhegodnik. 2020: stat. sb. [Russian Statistical Yearbook. 2020: Statistical compilation], Moscow, Rosstat Publ., 2020. 700 p. Available at: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/12994>
5. Semeikin A. Yu. *Otsenka shumovoy obstanovki gorodskoy sredy v otdel'nykh mikrorayonakh g. Belgoroda* [Assessment of the noise environment of the urban environment in separate microdistricts of Belgorod]. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V. G. Shuhova / Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov*, 2017, no. 9, pp. 56-60. https://doi.org/10.12737/article_59a93b0921c674.33606701
6. Ivanov N. I. *Inzhenernaya akustika. Teoriya i praktika bor'by s shumom* [Engineering acoustics. Theory and practice of noise control]. Moscow, University book Publ., Logos Publ., 2008, 424 p.
7. ARM "Akustika" 2.4. *Rukovodstvo pol'zovatelya* [Automated Workstation "Acoustics" 2.4. User's manual]. Moscow, MNPO "Ecoblik" Publ., 2008, 22 p.
8. Fandeev N. P., Strelnikova L. V., Mikhalyuk N. S. *Opreделение выбросов вредных веществ автотранспортом на городской магистрали* [Determination of emissions of harmful substances by vehicles on the city highway]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki / Bulletin of the Tula State University. Technical science*, 2014, vol. 2, pp. 292-303.
9. Gura D. A., Dubenko Yu. V., Markovskii I. G. Monitoring of transport infrastructure objects with the use of scanning technologies. *Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti / Technology of technosphere safety*, 2020, vol. 2 (88), pp. 74-86 (in Russian). <https://doi.org/10.25257/TTS.2020.2.88.74-86>.

Received October 15, 2020; accepted February 12, 2021

Информация об авторах**ЕДАМЕНКО Алёна Сергеевна**

канд. техн. наук; доцент кафедры безопасности жизнедеятельности; Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова; Российская Федерация, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46; ORCID ID: 0000-0002-7918-5532, РИНЦ Author ID: 658993; e-mail: a-edamenko@mail.ru

ЯСТРЕБИНСКАЯ Анна Викторовна

канд. техн. наук; доцент кафедры безопасности жизнедеятельности; Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова; Российская Федерация, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46; ORCID ID: 0000-0003-4012-4975, РИНЦ Author ID: 490222; e-mail: karanna1@mail.ru

СЕМЕЙКИН Александр Юрьевич

канд. техн. наук; доцент кафедры безопасности жизнедеятельности; Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова; Российская Федерация, 308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46; ORCID ID: 0000-0001-7858-143X, РИНЦ Author ID: 632808; ResearcherID Q-2218-2017; Scopus Author ID: 57201063357; e-mail: alexsem-n@yandex.ru

Information about the authors**EDAMENKO Alena Sergeevna**

Candidate of Technical Sciences; Associate Professor of Department of Life Safety; Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov; Russian Federation, 308012, Belgorod, Kostyukova St., 46; ORCID ID: 0000-0002-7918-5532, RSCI Author ID: 658993; e-mail: a-edamenko@mail.ru

YASTREBINSKAYA Anna Viktorovna

Candidate of Technical Sciences; Associate Professor of Department of Life Safety; Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov; Russian Federation, 308012, Belgorod, Kostyukova St., 46; ORCID ID: 0000-0003-4012-4975, RSCI Author ID: 490222; e-mail: karanna1@mail.ru

SEMEYKIN Alexander Yurievich

Candidate of Technical Sciences; Associate Professor of Department of Life Safety; Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov; Russian Federation, 308012, Belgorod, Kostyukova St., 46; ORCID ID: 0000-0001-7858-143X, RSCI Author ID: 632808; ResearcherID Q-2218-2017; Scopus Author ID: 57201063357; e-mail: alexsem-n@yandex.ru