

УДК: 625.098  
OECD: 01.03.AA

## Влияние на уровень транспортного шума и выбросов мероприятий по повышению эффективности наземного транспорта в г. Московский

Лебедев О.А.<sup>1\*</sup>, Элькин Ю.И.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Магистрант

<sup>2</sup> Профессор, д.т.н.

<sup>1,2</sup> Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), г. Москва, РФ

### Аннотация

В данной статье отмечено, что автомобильный транспорт является источником значительного загрязнения окружающей среды шумом и выбросами. Представлены результаты исследования шумового загрязнения от автотранспорта улично-дорожной сети и от временной стройплощадки в г. Московский. Отмечено, что измеренные уровни шума на исследуемом объекте (1-й микрорайон г. Московский) превышают предельно-допустимые. Предложены меры по шумозащите для достижения санитарных норм в жилой застройке. Также предложены мероприятия и приведены результаты расчетов по снижению валовых выбросов загрязняющих веществ от не пассажирского автотранспорта в указанном городе.

**Ключевые слова:** уровень звука, уровни звукового давления, транспортный шум, шумозащитные экраны, ветровая нагрузка на шумозащитные экраны, снижение выбросов от автомобилей.

### *Impact on the levels of traffic noise and emissions of measures to improve the efficiency of land transport in Moscovski town*

*Lebedev O.A.<sup>1\*</sup>, Elkin Y.I.<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Undergraduate

<sup>2</sup> Professor, DSc

<sup>1,2</sup> Moscow Automobile and Construction State Technical University (MADI), Moscow, Russia

### **Abstract**

*This article notes that road transport is a source of significant environmental pollution by noise and emissions. The results of the study of noise pollution from vehicles of the road network and from a temporary construction site in Moscovski town were presented. It was noted that the measured noise levels at the studied object (1st microdistrict of Moscow) exceed the maximum permissible levels. Noise protection measures were proposed to achieve sanitary standards. Measures are also proposed and the results of calculations to reduce gross emissions of non-passenger vehicles in the specified city are presented.*

**Keywords:** sound level, sound pressure levels, traffic noise, noise screens, wind load on acoustic screens, car emission reduction.

## Введение

Для текущего времени характерна тенденция к росту плотности городской застройки, а также к сокращению свободных объемов в зданиях, вследствие чего сокращаются пути распространения шума, ухудшается акустическая ситуация. Также рост плотности жилой застройки приводит к большей потребности жителей поставить на стоянку свой личный (как легковой, так и грузовой, то есть непассажирский) транспорт у дома, во дворе, но места чаще всего не хватает, а застройщик не хочет тратить лишние деньги и изначально строить подземный паркинг. Вследствие этого, жителям приходится парковаться далеко от подъезда, в соседнем дворе или с нарушением правил дорожного движения. В связи с этим, бывают ситуации, когда приходится ездить вокруг дома в надежде на свободное место, что в свою очередь, приводит к увеличению как валовых выбросов от автомобилей, так и уровней шума, воздействующих на жилую застройку.

### 1. Объект исследования

Объектом исследования является относительно новый район под названием город-парк «Первый Московский», расположенный в городе Московский, в 12 км от МКАД по Киевскому шоссе. На выбранном объекте имеются все вышеуказанные проблемы, в связи с этим повышение эффективности использования непассажирского транспорта в г. Московский является актуальной задачей.

Основным и постоянным источником шума (ИШ) в городе является улично-дорожная сеть (УДС) со своими автотранспортными потоками. Временным источником шума является стройплощадка, расположенная на пересечении ул. Атласова и ул. Никитина. На данной стройплощадке осуществляется строительство четырехэтажного здания будущего торгового центра. Для оценки как шумовой экспозиции в жилой застройке, так и величины рисков для здоровья населения, проживающего в ней, были проведены замеры шумовых характеристик транспортных потоков (ШХТП), уровней звука (УЗ) и уровней звукового давления (УЗД) в соответствующих точках. Замеры ШХТП производились на расстоянии 7,5 метров от оси ближайшей полосы движения на высоте 1,5 метра над уровнем проезжей части [1].

Выбор точек для акустических измерений и дальнейших расчетов определяется расположением мест постоянного проживания населения, зон отдыха, внутридомовых территорий, детских учреждений, а также местами с заданным сценарием оценки риска.

### 2. Результаты исследования

Всего согласно ГОСТ 23337-2014 было выбрано 11 точек для замеров уровней шума [2]. Замеры уровня звука производились в дневное (07:00-23:00,  $L_{day}$ ) и ночное (23:00-07:00,  $L_{night}$ ) время с помощью шумомера Октава-110. В данной статье, в качестве примера, представлены результаты измерений в двух основных точках, а именно: УЗ от транспортного потока по Киевскому шоссе (постоянный ИШ1) в 2 метрах от фасада у ближайшего к шоссе жилого здания (точка №1) составил 60,4 и 58,0 дБА в дневное и ночное времена соответственно; шум от стройплощадки (временный ИШ2) в 2 метрах от фасада жилого здания, расположенного по адресу ул. Никитина, 4 (точка №2) – составил 61,0 и 57,2 дБА. Взаимное расположение выбранных точек представлено на рисунке 1. Измеренные УЗД (день) в октавных полосах частот для точек №1 и №2 приведены на рисунке 2.

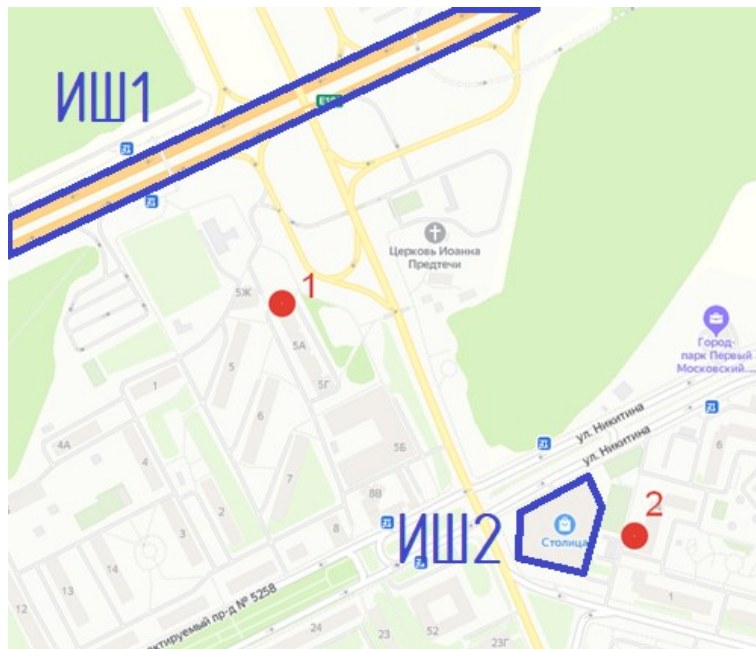


Рис. 1. Взаимное расположение точек замеров уровней шума в г. Московский

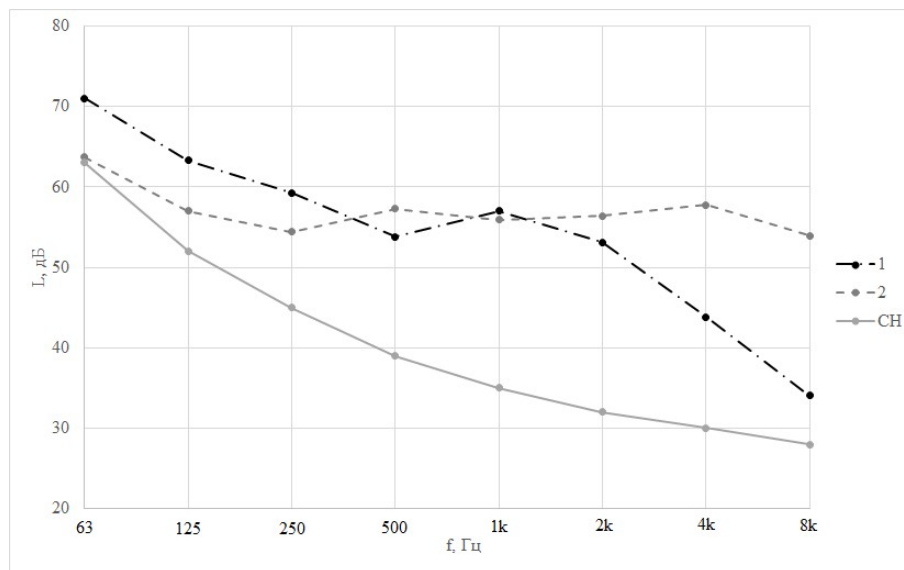


Рис. 2. Спектры шума: 1 – точка №1, 2 – точка №2, СН – норматив шума по СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96

Из графика видно, что УЗД на территории жилой застройки превышают предельно-допустимые уровни (ПДУ) в интервале частот 63 - 8000 Гц на 6-22 дБ для точки №1 и на 0,7-28 дБ для точки №2 согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» [3]. При этом, уровни звука превышают ПДУ на 6 – 14 дБА.

Для снижения уровня шума в указанных точках нами предложено воспользоваться одним из самых популярных и наиболее известных способов защиты от шума, в том числе и транспортного – установкой шумозащитных экранов (ШЭ).

Для определения параметров как постоянного шумозащитного экрана (защита от транспортного шума, Киевское шоссе на въезде в г. Московский), так и временного экрана (защита от шума стройплощадки) была использована методика, представленная

в ОДМ 218.2.013-2011 «Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам» [1]. При этом, снижение уровня звука экраном ( $\Delta L_{A_{\text{экр}}}$ , дБА) определяется по формуле:

$$\Delta L_{A_{\text{экр}}} = 18,2 + 7,8 \log(\delta + 0,02), \quad (1)$$

где  $\delta$  разность хода дифрагированного и прямого звуковых лучей, м.

Были рассчитаны акустическая эффективность экранов различной высоты, а именно: для постоянных ШЭ – 2, 4 и 6 метров (результаты расчетов представлены в табл.1), для временных ШЭ – 1, 2 и 4 метра (результаты расчетов представлены в табл.2).

Таблица 1

Результаты расчетов постоянного шумозащитного экрана

Высота экрана $h_{\text{экр}}$ , м	2	4	6
a	32,00	32,02	32,39
b	145,00	145,03	145,09
c	177,00	177,00	177,00
$\delta$	0,001	0,02	0,47
$\Delta L_{A_{\text{экр}}}$ , дБА	7,2	12,6	15,8

Таблица 2

Результаты расчета временного шумозащитного экрана

Высота экрана $h_{\text{экр}}$ , м	1	2	4
a	50,00	50,01	50,09
b	40,00	40,01	40,11
c	90,00	90,00	90,00
$\delta$	0	0,02	0,20
$\Delta L_{A_{\text{экр}}}$ , дБА	5,0	7,5	13,1

В ОДМ 218.2.013-2011 рекомендовано длину шумозащитных экранов  $L_{\text{шэ}}$ , м, определять из условия обеспечения расстояния от проекции крайних точек объекта защиты (соответственно  $RT_{\text{лев.}}$ ,  $RT_{\text{прав.}}$ ) на ШЭ до соответствующего конца последнего не менее, чем в 4 раза больше кратчайшего расстояния от объекта защиты до ШЭ ( $D_{\text{лев.}}$ ,  $D_{\text{прав.}}$ , м). При определении длины экрана необходимо также учитывать и длину участка между  $RT_{\text{лев.}}$  и  $RT_{\text{прав.}}$  ( $L$ , м) по линии, параллельной ШЭ (рисунок 3) [1]:

$$L_{\text{ШЭ}} = 4D_{\text{лев.}} + L + 4D_{\text{прав.}} \quad (2)$$

В стандарте отмечено, что это соотношение получено из условий возможности пренебрежения дифракцией звука на боковых ребрах ШЭ.

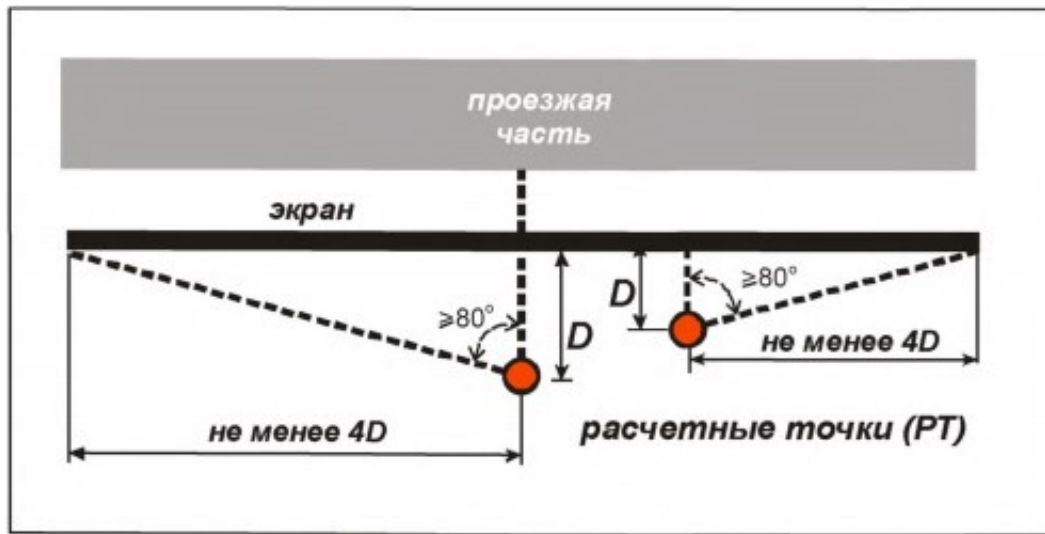


Рис. 3. Схема определения требуемой длины ШЭ

Так как для точки №1 мы экранируем одно здание с придомовой территорией, то  $D_{\text{лев.}} = D_{\text{прав.}} = 145$  м;  $L = 121$  м и, следовательно, длина экрана  $L_{\text{ШЭ}} = 1281$  м. Окончательные результаты расчетов параметров, предлагаемых ШЭ (с учетом всех поправок согласно указанной методике [1]), приведены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты расчета временного шумозащитного экрана

Назначение экрана	Высота, м	Длина экрана, м	Акустическая эффективность, $(\Delta L_{A_{\text{экp}}}, \text{дБА})$	Вид
Постоянный	6	1281	15,8	Отражающе-поглощающий
Временный	4	110	13,1	Отражающий

В результате проведения предложенных шумозащитных мероприятий (ИШ1, постоянный ШЭ) эквивалентный уровень звука от транспортного шума в жилой застройке снизится до  $64,0 - 15,8 = 48,2$  дБА – для дневного уровня шума и до  $58,0 - 15,8 = 42,2$  дБА для ночного, что позволит не превысить санитарные нормы в 55 и 45 дБА для дневного и ночного времени [3] соответственно.

При установке временного экрана высотой 4 м (ИШ2, шум стройплощадки) также удастся снизить уровень звука на 13,1 дБА и обеспечить нормативные значения по шуму в жилой застройке.

### *Расчет шумозащитных экранов на ветровую нагрузку*

Так как предложенный нами постоянный шумозащитный экран вдоль Киевского шоссе имеет достаточно большую высоту (6 м), то следует провести расчет его устойчивости на ветровую нагрузку по методике [4, 5]:

$$\omega_m = \omega_0 \cdot k_{(z_e)} \cdot c. \quad (3)$$

Москва относится к 1 типу ветрового района, следовательно, характеристическое значение ветрового давления  $\omega_0 = 0,23$  кПа.

При этом аэродинамический коэффициент  $c$  для шумозащитных экранов, то есть плоских сплошных конструкций, стоящих на земле, принимается равным 1,2.

Коэффициент  $k_{(z_e)}$ , учитывающий изменение ветрового давления для городских территорий, лесных массивов и других местностей, покрытых равномерно препятствием высотой более 10 м, принимается равным 0,65 (для экранов высотой  $> 5$  м).

Расчетные значения по [4, 5] средней составляющей ветровой нагрузки ( $\omega_m$ , кПа) представлены в таблице 4.

Таблица 4

Расчетные значения ветровой нагрузки

Назначение экрана	Протяженность, м	Высота, м	Площадь, м <sup>2</sup>	$\omega_0$ , кПа	$k_{(z_e)}$	$c$	$\omega_m$ , кПа
Постоянный	1281	6	7686	0,23	0,65	1,2	0,18

Из представленных в табл. 4 расчётных данных видно, что для обеспечения «ветровой» устойчивости предлагаемого ШЭ требуется достаточно прочный фундамент (например, ленточный), при этом для крепления несущих стоек к фундаменту необходимо использовать как минимум 6 анкерных болтов на каждую стойку.

#### ***Расчет дополнительных валовых выбросов от непассажирских автомобилей по причине поиска парковки***

В мировой практике разработано достаточно большое число транспортных моделей для разных видов транспорта. В рамках данной работы, в первую очередь, представляют интерес модели для моторизованного транспорта.

Метод COPERT-5 (Computer programs to calculate emission from road transport) учитывает эмиссию в различных режимах двигателей, вождения и скорости, а также состояние дорожной инфраструктуры и техническое состояние транспортного средства. Программа COPERT-5 позволяет рассчитывать эмиссии от автотранспортных средств (АТС) по многим параметрам и различным режимам вождения автомобилей [6]. Этот метод имеет возможность оценивать эмиссии двигателей внутреннего сгорания (бензиновые, дизельные и двигатели, работающие на сжатом природном газе) как основных парниковых газов ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  и  $\text{CH}_4$ ), так и газов-предшественников ( $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ , неметановых углеводородов NMVOC). Эмиссии от автомобилей рассчитываются по следующим параметрам: среднегодовой пробег, средняя скорость, скорость движения автомобилей на городских, сельских и главных дорогах, типы транспортных средств, объем двигателя, тип топлива. Для расчета эмиссии согласно методологии в программу включаются следующие данные: количество автомобильных средств для каждой из категорий стандарта Евро с разделением по используемому топливу, годовая температура окружающей среды, годовое атмосферное давление, годовые данные по влажности. В программе COPERT-5 применяются коэффициенты, разработанные согласно техническому положению и году выпуска автомобилей.

В соответствии с требованиями расчетной методики (Copert-5) необходимо, помимо разделения автомобилей по экологическим стандартам ЕВРО и по виду потребляемого топлива (бензин, дизель, природный газ), оценить среднегодовой пробег для каждой группы транспортных средств. Для легковых автомобилей необходимо дополнительно разделение по объему рабочего двигателя, для грузовых автомобилей - по грузоподъемности, а для автобусов - по вместимости.

Данные о структуре автопарка были взяты исходя из интенсивности в один из рабочих дней, замеренной во время исследования. Так как проблему лишних выбросов во время поиска парковки создают только легковые автомобили, из итогового расчета были исключены грузовой транспорт и автобусы. Подсчет интенсивности производился на перекрестке, находящимся на въезде в город. Перекресток предполагает два пути движения – прямо (ул. Атласова) и направо (1-й микрорайон). После поворота направо 80% автомобилей идет на разворот для дальнейшего проезда в исследуемый нами район.

В расчетах по умолчанию все легковые автомобили будут указываться с объемом рабочего двигателя 1,4-2,0 литра, так как данный объем является наиболее популярным при покупке нового автомобиля.

Данные по движению – величины среднегодового пробега, средняя скорость и доля пробегов по режимам движения для различных типов разновозрастных АТС и различных типов участков УДС взяты по результатам исследований как собственных, так и выполненных в МАДИ, а также по данным ГИБДД и Росстата.

Среднегодовой пробег по выбранному району был выбран исходя из результатов собственных измерений, а именно: при автопарке в 2500 легковых автомобилей в районе 80% из них уезжает на работу каждый будний день и 50% уезжает в выходные, возвращаясь обратно в тот же день. Средняя длина круга для поиска парковочного места ориентировочно равна 2,5 километра. Каждый автомобиль в среднем делает 2 круга, таким образом среднегодовой пробег каждого автомобиля по указанному району достигает 1875 км в год.

Расчет выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) проводился по методике COPERT 5. Инструментом оценки эффекта по снижению выбросов будет являться процентное соотношение эффекта «до» (базовый сценарий) и «после» (перспективный сценарий). Эффектом «до» будет являться количество выбросов ЗВ при текущей ситуации, то есть когда большинство водителей ищет место для парковки. Эффектом «после» будем считать выбросы ЗВ после внедрения мероприятий по расширению парковок – строительство многоуровневой парковки и размещение парковочных мест вдоль ул. Никитина. После внедрения указанных мероприятий пробег внутри дворов уменьшится в 3 раза, а суммарный пробег - в 2 раза. Результаты расчета валовых годовых выбросов ЗВ для обоих сценариев представлены в таблице 5.

Таблица 5

Количество выбросов ЗВ от АТС для различных сценариев

Выбросы, тонн в год	Базовый сценарий	Перспективный сценарий (расширение парковок)	Снижение, %
CO <sub>2</sub>	1023,000	353,830	65,413
NO <sub>x</sub>	0,198	0,084	57,374
PM (2,5)	0,062	0,024	61,699
PM (10)	0,112	0,043	61,607

Как видно из приведенных данных, количество валовых выбросов ЗВ от АТС снизится: по CO<sub>2</sub> - на 65,4%, по NO<sub>x</sub> - на 57,4%, по взвешенным частицам диаметром 2,5 и 10 мкм – на 61,7% и на 61,6% соответственно.

К сожалению, в настоящее время нам неизвестны какие-либо методики, позволяющие оценить влияние шумозащитных экранов на рассеивание выбросов загрязняющих веществ в атмосфере от автомобильного транспорта. Однако, можно с уверенностью предположить, что при установке ШЭ снизится, по крайней мере,

приземная концентрация ЗВ в жилой застройке.

### Заключение

В данной статье было рассмотрено техническое решение по установке ШЭ высотой 6 м и длиной 1168 м вдоль Киевского шоссе на въезде в г. Московский, что позволит снизить уровень шума на 15,8 дБА и достигнуть требуемых нормативных уровней звука в 55 и 45 дБА для дневного и ночного времени в жилой застройке соответственно [3].

Также был выполнен расчет временных экранов (высота - 4м,  $\Delta L_{A_{экp}} = 13,1$  дБА) вокруг стройплощадки (пересечение ул. Атласова и ул. Никитина) для достижения тех же нормативов в жилой застройке.

При этом, благодаря расширению парковок в исследуемом районе, удастся достигнуть снижения годовых валовых выбросов от непассажирских АТС (за счет уменьшения дополнительных пробегов АТС) на следующие величины: CO<sub>2</sub> - на 65,4%, NO<sub>x</sub> - на 57,4%, взвешенные частицы диаметром 2,5 и 10 мкм - на 61,7% и на 61,6% соответственно.

### Список литературы

1. ОДМ 218.2.013-2011 «Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам» (утв.13.12.2012, 995-р).
2. ГОСТ 23337-2014 Шум. Методы измерения шума на селитебной территории и в помещениях жилых и общественных зданий (с поправкой).
3. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. – 1996.
4. СП 276.1325800.2016. Здания и территории. Защита от транспортного шума.
5. Соловьева О.С., Элькин Ю.И. «Оценка шумового загрязнения селитебных территорий от автодороги М-3 Украина, км 37-км 51» // Научное обозрение. педагогические науки – 2019. – № 2-3. – С. 91-95.
6. Програмное обеспечение Copert 5 // CopertEmisia. [электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <https://copert.emisia.com/> (дата обращения 10.05.2020).

### References

1. ODM 218.2.013-2011 'Protection against traffic noise' (approved 13.12.2012, 995-r).
2. GOST 23337-2014 Noise. Methods for measuring noise in residential areas and in residential and public buildings (as amended).
3. SN 2.2.4 / 2.1.8.562-96 Noise at workplaces, in the premises of residential, public buildings and in residential areas. - 1996.
4. SP 276.1325800.2016. Buildings and territories. Transport Noise Protection.
5. Solovieva OS, Elkin Yu.I. 'Assessment of noise pollution of residential territories from the highway M-3 Ukraine, km 37-km 51' // Scientific Review. Pedagogical Sciences - 2019. - No. 2-3. - S. 91-95.
6. Copert 5 software // CopertEmisia. [electronic resource] - Access mode. - URL: <https://copert.emisia.com/> (accessed 05/10/2020).