

УДК 697.941:661.92

DOI: [10.46698/VNC.2020.47.65.009](https://doi.org/10.46698/VNC.2020.47.65.009)

Оригинальная статья

## Фиторемедиация токсичности воздуха автомобильных дорог

С. А. Бекузарова<sup>1,2</sup>, Д. И. Тебиева<sup>1</sup>, А. Д. Бекмурзов<sup>1</sup>,  
Л. А. Кебалова<sup>1</sup>, К. В. Корбесова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Северо-Осетинский Государственный Университет им. К. Л. Хетагурова, Россия, 362025, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Ватутина, 44-46, e-mail: bekos37@mail.ru;

<sup>2</sup>Геофизический институт – филиал ФГБУН ФНЦ «Владикавказский научный центр Российской академии наук», Россия, 362002, РСО-Алания, г. Владикавказ, ул. Маркова, 93а

Статья поступила: 25.01.2020, доработана: 05.04.2020, одобрена в печать: 06.04.2020

**Резюме: Актуальность работы.** Атмосферный воздух – главный компонент окружающей среды, представляющий собой смесь газов атмосферы и вредных для живых организмов элементов, получивших распространение под влиянием выхлопных газов автомобилей. Актуальной проблемой охраны окружающей среды являются, прежде всего, исследования, направленные на улучшение воздуха автомобильных дорог, особенно на Северном Кавказе, где сосредоточены курорты и базы отдыха. Основными источниками поступления загрязняющих веществ в атмосферу являются промышленные предприятия и автотранспорт. Ежегодное увеличение количества автотранспорта вызывает тревогу в связи с загрязнением атмосферы вдоль дорожного полотна, влияющего на здоровье человека. **Целью** работы было расширение ассортимента растений на обочинах автодорог, которые обладают способностью сорбировать токсиканты воздуха. **Методы исследования.** На обочинах автодорог, высевались смеси из семян растений, способных максимально сорбировать химические вещества из воздуха (пасленовые, крестоцветные, сложноцветные, бобовые и злаковые). Пасленовые растения обладают способностью поглощать соединения кадмия, бобовые и злаковые (маревые) сорбируют тяжелые металлы, крестоцветные – улавливают из воздуха мышьяк и ртуть. Затем эти травы оставляли на несколько лет для самообновления. **Результаты.** Проведенный анализ сорбционной способности аккумулирующих тяжелые металлы растений, позволил выделить фитоиндикаторы, способные снижать токсичность воздуха и почвы. Подобранный состав фитоценоза позволяет значительно снизить токсичность воздуха автомобильных дорог. Представителей этих видов семейств не скашивают, оставляя их для возобновления роста с помощью семян, осыпающихся в начале июня. Преимущество должны иметь растения из семейства пасленовых, сорбирующие больше кадмия, а растения с опушенными листьями больше поглощают мышьяк и ртуть. Результаты проведенных работ показали, что с целью снижения содержания вредных химических веществ вдоль автомагистралей рационально высевать растения с гипераккумулирующими свойствами из семейства пасленовых, крестоцветных, астровых, сложноцветных, злаковых и бобовых в комплексе.

**Ключевые слова:** токсиканты, атмосферный воздух, гипераккумуляторы, фитоценоз, автодороги.

**Для цитирования:** Бекузарова С. А., Тебиева Д. И., Бекмурзов А. Д., Кебалова Л. А., Корбесова К. В. Фиторемедиация токсичности воздуха автомобильных дорог. *Геология и геофизика Юга России*. 2020. 10 (2): 127-135. DOI: 10.46698/VNC.2020.47.65.009.

DOI: [10.46698/VNC.2020.47.65.009](https://doi.org/10.46698/VNC.2020.47.65.009)

Original paper

## Phytoremediation of air toxicity of roads

S. A. Bekuzarova<sup>1,2</sup>, D. I. Tebieva<sup>1</sup>, A. D. Bekmurzov<sup>1</sup>,  
L. A. Kebalova<sup>1</sup>, K. V. Korbesova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>North Ossetian State University after K. L. Khetagurov, 44-46 Vatutina Str., Vladikavkaz 362025, Russian Federation, e-mail: bekos37@mail.ru

<sup>2</sup>Geophysical Institute of the Vladikavkaz Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences, 93a Markova Str., Vladikavkaz 362002, Russian Federation

Received: 25.01.2020, revised: 05.04.2020, accepted: 06.04.2020

**Abstract: Relevance.** An urgent problem of environmental protection is, first of all, research aimed at improving the air of roads, especially in the North Caucasus, where resorts and recreation centers are concentrated. The main sources of air pollution are industrial enterprises and motor vehicles. The annual increase in vehicles is alarming for air pollution along the roadway, affecting human health. In order to expand the assortment of plants on highways with a hyper accumulative ability to sorb air toxicants, plant seeds from families of nightshade, cruciferous, asteraceae, legumes and cereals were sown on strips 3-4 m along the highway. **Aim.** Expanding the assortment of plants on roadsides that have the ability to absorb air toxicants. **Methods.** On the roadsides, mixtures of plant seeds were sown that were capable of absorbing chemicals from the air (nightshade, cruciferous, asteraceae, legumes and cereals). Solanaceous plants have the ability to absorb cadmium compounds, legumes and cereals (haze) adsorb heavy metals, cruciferous ones capture arsenic and mercury from the air. Then these herbs were left for several years for self-renewal. **Results.** The analysis of the sorption ability of plants accumulating heavy metals has been carried out; phytoindicators have been identified that can reduce the toxicity of air and soil. The selected composition of the phytocenosis can significantly reduce the air toxicity of roads. Representatives of these species of families are not mowed, leaving them to resume growth using seeds that crumble in early June. Plants of the nightshade family, which sorb more cadmium, should have an advantage, while plants with lowered leaves absorb arsenic and mercury more. The results of the work showed that in order to reduce chemicals along highways, sow plants with hyperaccumulative properties from the family of nightshade, cruciferous, aster, asteraceae, cereals and legumes in the complex.

**Key words:** toxicants, atmospheric air, hyperaccumulators, phytocenosis, highways.

**For citation:** Bekuzarova S. A., Tebieva D. I., Bekmurzov A. D., Kebalova L. A., Korbesova K. V. Phytoremediation of air toxicity of roads. *Geologiya i Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South*. (in Russ.). 2020. 10 (2): 127-135. DOI: 10.46698/VNC.2020.47.65.009.

### Введение

Согласно данным Всемирной организации охраны здоровья за последние годы ежегодно в мире умирает около 4 млн человек по причине влияния загрязненности воздуха, как в помещении, так и в атмосфере. Доказано, что загрязнение воздуха является главной причиной заболеваемости онкологией [Науменко и др., 2015; Хучунаев и др., 2019].

По данным Росприроднадзора по республике Северная Осетия-Алания общее количество загрязняющих веществ, поступающее в атмосферный воздух от автотранспорта, составило в среднем, за последние три года более 7 тыс. тонн, причем

этот показатель ежегодно возрастает. Следовательно, количество выбросов в динамике значительно возрастает.

К выбросам относят: кальция оксид, неорганические соединения свинца, аммиак, хлористый водород, серную кислоту, сероводород, метан, ксилол, неорганическую пыль (двуокись кремния) и другие вредные вещества для живых организмов [Федеральный закон..., 2002].

Главный химический загрязнитель атмосферы – сернистый газ, выделяющийся при сжигании каменного угля, сланцев, нефти, при выплавке железа, меди, производстве серной кислоты и др. Сернистый газ служит причиной выпадения кислотных дождей. Под воздействием интенсивного солнечного излучения химические вещества, выбрасываемые в атмосферу промышленными предприятиями и транспортом, могут вступить в реакции друг с другом, образуя высокотоксичные соединения. Такой вид смога получил название – фотохимического [Безуглая, Смирненко, 2002].

В некоторых местах Республики отмечены высокие колебания кадмия (5-10 мг/кг сухой массы), что значительно превышает предельно допустимые концентрации. Мониторинг загрязнения атмосферного воздуха осуществляется РОСПРИРОДО-НАДЗОРОМ по РСО-АЛАНИЯ и Гидрометцентром на 4-х стационарных и 6-ти подвижных постах наблюдения, которые отмечают 14 веществ, загрязняющих воздух. По данным этих служб среднегодовой индекс загрязнения составляет  $P_a$  – более 8 [Гигиенические нормативы, 2018].

Загрязнители воздуха являются причиной образования озоновых дыр в атмосфере. С понижением содержания озона в верхних слоях атмосферы медики связывают рост количества онкологических заболеваний кожи [ГОСТ 32965-2014, 2014; Об утвержденном методе..., 2017].

В последние годы происходит некоторое изменение баланса азота в атмосфере за счет хозяйственной деятельности людей, проявляющееся во включении атмосферного азота в сложные химические соединения при производстве азотных удобрений. Уменьшается поступление его в атмосферу из-за нарушения почвообразовательных процессов на значительных территориях. Уменьшение поступления кислорода в атмосферу происходит за счет сокращения площадей лесов, степей, деградации сенокосов и пастбищ [Куриленко, Осмоловская, 2018; *Thlaspi caerulescens subspecies...*, 2018; Бекузаров и др., 2018]. Об этом свидетельствуют работы и зарубежных ученых [Brook, 2007; Yin-Ming Li et al., 2018; Carreras, 2006; Hadden, 2012; Lingard, 2006; Berkowich, 2016; Vlek, Michon, 1992].

Следовательно, для снижения токсичности воздуха необходимы растительные организмы, обладающие высокой сорбционной способностью поглощать вредные вещества в процессе фотосинтеза.

В современных научных исследованиях зарубежных стран говорится об очистке воздуха с помощью растений, которые своей корневой системой извлекают тяжелые металлы из почвы и надземными органами из воздуха [Sozaeva, 2018].

Однако в известном способе продуктивность растений невысокая, низкие темпы роста, неполное поглощение вредных веществ воздуха, низкая ограниченность используемого растения, что с помощью растений снижается количество токсических веществ почвы.

Это растения однолетних бобовых трав, поглощающие тяжелые металлы с помощью корневой системы. При этом используют биопрепарат для интенсивности

роста после укоса срезаемых растений [Борисюк, 2013; Berkowicz, 2016]. Используются растения одного семейства бобовых трав, которые образуют небольшую надземную биомассу, что ограничивает возможность поглощать токсиканты из воздуха.

Известно также, где в качестве растений – ремедиантов воздуха используются деревья ясеня, тополя, березы и вяза [Русакова, 2014]. Однако наличие деревьев на автодорогах, накапливающих в течение ряда лет огромное количество кадмия и других вредных химических веществ, загрязняющих автодорожные трассы и недостаточно очищающих атмосферу, не целесообразно.

Наиболее значимо предложение авторов, которые считают, что в течение вегетации на небольших участках необходимо выделять растения, максимально сорбирующие тяжелые металлы, выбирая индикаторные виды [Вольнов, 2012].

Однако в данной технологии можно отметить следующие недостатки:

- определяют аккумулирующие способности образцов в пять этапов, и для определения токсикантов в растениях, охватывают только часть площади, где выделяют аккумулирующие способности растений;

- проводят анализы только на естественных и доминирующих растениях;

- не решается вопрос по снижению вредных веществ в воздухе, поскольку из произрастающих растений проводят анализы и выделяют растения с небольшой способностью аккумулировать токсиканты воздуха (клевер луговой, мать-и-мачеха, одуванчик).

С целью расширения ассортимента растений на автодорогах, обладающих гипераккумулирующей способностью сорбировать токсиканты воздуха, проводили следующие исследования:

### Методы и объекты исследований

На обочинах автодорог, шириной полос не менее 3-4 метров, высевали смесь семян растений, обладающих способностью максимально сорбировать химические вещества из воздуха, в частности, семейства: пасленовые – 40-50%, крестоцветные 20-30%, астровые (сложноцветные) – 20-25%, маревые и бобовые по 10–15%, при этом, количество видов растений определяется нормой высева культуры на гектар. На участке автотрассы Владикавказ – Ростов, протяженностью 100 км на обочинах дорог подготовили полосы шириной 3 метра. После обработки почвы и прикапывания полос, высевали смесь мелкосеменных трав: никандру в количестве 40% от нормы высева на гектар, то есть 7 кг/га, рыжик озимый 3 кг/га, цикорий 4 кг/га, пайзу и клевер по 2 кг/га. Высеянные травы оставляли в течение 2-3 лет для самообновления.

### Результаты исследований

Атмосферный воздух в последние десятилетия интенсивно загрязняется путем привнесения в него или образования в нём загрязняющих веществ в концентрациях, превышающих нормативы качества или уровень естественного содержания, оказывающих вредное воздействие на организмы. Вредные вещества, выбрасываемые в воздух, составляют миллионы тонн и превышают пределы способности атмосферы к самоочищению. Вредные вещества легко проникают в ткани растений через устьица и могут непосредственно влиять на обмен веществ в клетках. Под

действием загрязняющих элементов происходит подавление фотосинтеза, нарушение водообмена, многих биохимических процессов, снижение транспирации, общее угнетение роста и развития. Это приводит к изменению окраски листьев, некрозу, опаданию листьев, изменению формы роста и другим отклонениям. Самыми опасными токсикантами являются оксид кадмия, бенз (а) пирен, хлор, ртуть, мышьяк и другие химические вещества, общее количество которых составляет 200-400 наименований. К числу крупнейших источников загрязнения атмосферного воздуха относится автотранспорт, многочисленные выбросы которого обладают токсическим действием. Значительной сорбционной способностью извлекать соединения кадмия из воздуха обладают растения семейства пасленовых, в частности, никандра физалисовидная (*Nicandra physaloides* L.), высота которой достигает более 1 метра. Это однолетнее растение произрастает повсеместно вдоль дорог, на пустырях, накапливая наибольшее количество кадмия в конце вегетации. Посевы таких трав значительно очищают воздух не только от соединений кадмия (из почвы более 70%, из воздуха более 30%), но и других вредных веществ. Учитывая, указанные выше, свойства никандры, её количество превалирует по отношению к другим подобранным видам для фиторемедиации (40-50%).

Из семейства крестоцветных (капустных) высевают рыжик озимый (*camelina silvestris* Waller), высотой более 70 см, который характеризуется большим количеством листьев. Стебли и листья опушенные, за счет чего из воздуха поглощается большее количество вредных веществ, в том числе соединения ртути и мышьяка, что не присуще другим семействам растений, произрастающих на обочинах дорог.

Семейство астровых (сложноцветные) представлено цикорием обыкновенным (*cichorium intybus* L.), широко распространенным в естественном фитоценозе придорожных полос. Высота растения более 1,5 м, мощный стержневой корень глубоко проникает в почву, листья крупные. Обладает высокими аккумуляционными свойствами, поглощая ряд вредных веществ из воздуха (углеводороды, оксиды углерода, соединения хлора, выхлопные газы и др.)

Бобовые травы (семейство бобовых) представляют однолетние виды клевера – *Trifolium* (*incarnatum*, *alexandrinum*, *resupinatum*), высеваемые в летний период и к весне достигающие максимального развития; эти травы хорошо облиственны и способны сорбировать значительное количество токсичных элементов.

Представителей этих видов не скашивают, оставляя их для возобновления роста с помощью семян, осыпавшихся в начале июня.

Семейство (мятликовые) маревых представлено видом пайза (ежовник хлебный – *Echinochloa frumentata*, кормовая культура). В период созревания достигает высоты более 1 м, и в количестве 10-15% от общего объема травостоя дополняет разнообразие трав аккумуляторов загрязнений воздуха, поглощая такие элементы и вещества, как железо, кобальт, диоксиды магния и другие. Полученные результаты свидетельствуют, что при комплексном подборе растений – аккумуляторов токсикантов воздух автодорог значительно очищается до предельно допустимых концентраций (табл. 1)

Кроме указанных токсикантов в таблице, за счет аккумуляционной способности растений, в воздухе снизились показатели оксидов углерода, серы, хлорбромидов, оксидов азота, углеводородов топлива.

Таблица 1. / Table 1.

Снижение содержания токсикантов в воздухе автодорог (по результатам исследования) /  
 Reducing the content of toxicants in the air of roads (based on the research findings)

Токсикант / Toxicant	Содержание в воздухе автодорог до начала опыта / Content in the air of roads before the experiment started	Никандра + рьжик + цикорий + пайза, клевер по 10-15% / Nisandra + saffron + chicory + barnyard grass, clover 10-15%	Никандра + рьжик по 30% / Nisandra + saffron 30%	Пайза + клевер по 30% / barnyard grass + clover 30%	Никандра 40% + рьжик 20% / Nisandra 40% + saffron 20%	Никандра 40%+пайза + клевер 30% / Nisandra 40%+ barnyard grass + clover 30%	Предлагаемое / Offered	ПДК, мг/м <sup>3</sup> / MPC, mg/m <sup>3</sup>
Кадмия оксид / Cadmium oxide	0,9	0,4	0,035	0,39	0,28	0,19	0,001	0,0003
Бенз (а) пирен / Benz (a) pyrene	0,18	0,15	0,14	0,15	0,11	0,09	0,04	0,1 м/100м <sup>3</sup> / 0,1 mg/100 m <sup>3</sup>
Ртуть / Mercury	0,03	0,2	0,12	0,24	0,09	0,06	0,002	0,0003
Свинец / Lead	0,15	0,13	0,14	0,16	0,09	0,06	0,004	0,0003
Меди оксид / Copper oxide	0,5	3,5	1,22	0,36	0,031	0,03	0,002	0,002

## Заключение

Комплексный подбор растений, обладающих аккумулярующей способностью из семейства пасленовых, астровых (сложноцветных), маревых подобранных по их сорбционным свойствам, снижает количество токсикантов в воздухе автодорог, загрязненных выше предельно допустимых концентраций. Следовательно, вдоль автотрасс для снижения токсических элементов необходимо высевать растения с гипераккумуляторными способностями из семейства пасленовых, крестоцветных, астровых, сложноцветных, злаковых и бобовых в комплексе.

## Литература

1. Безуглая Э. Ю. Смиренко И. В. Проблемы загрязнения воздуха. Крупнейшие города России. Загрязнение воздуха городов. – СПб. – 2002. – С. 31-48.
2. Бекузарова С. А., Бушуева В. И., Картыжева Л. Е. и др. Способ ремедиации и мелиорации почв. // Патент № 2665073, опубликован 28.08.2018. Бюл. № 25, МПК А01В79/02, В09С1/00.
3. Борисюк, Н. В. Автомобильно-дорожный комплекс в системе городской экологии. Чем грозят горожанину мелкодисперсные взвешенные частицы, попадающие в воздух над дорогами и магистралями. / Н. В. Борисюк, С. М. Дмитриев. // Научно-популярный журнал «Экология и жизнь». – 2013. – № 1. – С. 63-68.
4. Вольнов, А. С. Методы оценки и пути снижения уровня экологической опасности автотранспортных предприятий. / К. В. Щурин, Л. Н. Третьяк, Е. М. Герасимов, А. С. Вольнов. // Экология и промышленность России. – 2012. – № 2. – С. 44-46.
5. Гигиенические нормативы. ГН 2.1.6.3492-17. Приложение. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений. – М. – 2018.
6. ГОСТ 32965-2014. Дороги автомобильные общего пользования. Методы учета интенсивности движения транспортного потока. – М. – 2014.
7. Куриленко В. В., Осмоловская Н. Г. Фиторемедиационный способ очистки почв, загрязненных тяжелыми металлами. // Патент на изобретение № 2665073, опубликован 28.08.2018. Бюл. № 25. МПК А01В79/02.
8. Науменко О. А. Соколова О. Я., Бибарцева Е. В. Проблемы экологии Южного Урала. // Вестник Оренбургского Государственного Университет. – 2015. – № 10 (85). – С. 225-228.
9. Об утверждении методов расчета рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе / Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 06.06.2017 № 273. – М.: Минюст РФ, 2017. – С. 80.
10. Русакова, Т. И. Исследование динамики загрязнения атмосферного воздуха на улицах при выбросах автотранспорта / Т. И. Русакова, Н. Н. Беляев, В. И. Карплюк // Вестник Днепропетровского университета. Серия «Механака». – 2014. – № 5. Вып. 18. Т. 1. – С. 127-138.
11. Федеральный закон «Об охране окружающей среды» № 7-ФЗ от 10.01.2002
12. Хучунаев Б. М., Кешева Л. А., Теунова Н. В. Оценка антропогенного воздействия на состояние атмосферного воздуха в районе строительства Малой ГЭС (пос. Верхняя Саниба). // Сборник УРГТК. – 2019. – С. 118-124.
13. Berkowicz, R. Modelling traffic pollution in streets [Электронный ресурс] / R. Berkowicz [et al.]. National Environmental Research Institute, Roskilde, Denmark. Режим доступа: [http://www2.dmu.dk/1\\_viden/2\\_Miljoetilstand/3\\_luft/4\\_spredningsmodeller/5\\_OSP\\_M/5\\_description/ModellingTrafficPollution\\_report.pdf](http://www2.dmu.dk/1_viden/2_Miljoetilstand/3_luft/4_spredningsmodeller/5_OSP_M/5_description/ModellingTrafficPollution_report.pdf) – 20.09.2016.
14. Brook J. R. Investigation of the motor vehicle exhaust contribution to primary fine particle organic carbon in urban air. / J. R. Brook, L. Graham, J. P. Charland, Y. Cheng, X. Fan, G. Lu,

S. M. Li, C. Lillyman, P. MacDonald, G. Caravaggio, J.A. MacPhee. // *Atmos, Environ.* – 2007. – Vol. 41. No. 1. – Pp. 119-135.

15. Carreras H.A. In situ monitoring of urban air in Cordoba, Argentina using the Tradescantia-micronucleus (Trad-MCN) bioassay. / H.A. Carreras, M.L. Pignata, P.H. N. Saldiva. // *Atmos, Environ.* – 2006. – Vol. 40. No. 40. – Pp. 7824-7830.

16. Hadden E.J. Beautiful no-mow yards 50 amazing lawn alternative / E.J. Hadden. – London: Timber press, 2012. – 237 p.

17. Lingard J.J. N. Observations of urban airborne particle number concentrations during rush-hour conditions: analysis of the number based size distributions and modal parameters. // J.J. N. Lingard, E.L. Agus, D.T. Young, G.E. Andrews, A.S. J. Tomlin. // *Environ Monit.* – 2006. – Vol. 8. No. 12. – Pp. 1203-1218.

18. Sozaeva L.T. Evaluation of Emission of Pollutants in the Atmosphere Produced by Heating Enterprises of Nalchik Town. *Materials Science Forum*. October 2018. Vol. 931. Pp. 1047-1051.

19. Vlek S., Michon J. Why we should and how we could decrease the use of motor vehicles in the near future. *IATSS Research.* – 1992. – Vol. 15. No. 2. – Pp. 82-93.

20. Yin-Ming Li, Rufus L., Chaney, Roger D. Reeves, J. Scott Angle, Alan J.M. Baker. *Thlaspi caerulescens* subspecies for cadmium and zinc recovery. Patent US 7049492 B1. Published 20.06.2018).

## References

1. Bezuglaya E. Yu. Smirenko I. V. Air pollution problems. The largest cities in Russia. Air pollution in cities. Saint Petersburg. 2002. pp. 31-48. (In Russ.)

2. Bekuzarova S.A., Bushueva V.I., Kartyzheva L.E. et al. The method of remediation and land reclamation. Patent No. 2665073, published on 28.08.2018. Bul. No. 25, MPK A01B79/02, B09C1/00. (In Russ.)

3. Borisyuk, N. V. The road complex in the urban ecology system. What threatens the city dweller the finely dispersed suspended particles falling into the air over roads and highways. In: *Popular science magazine "Ecology and Life"*. 2013. No. 1. pp. 63-68. (In Russ.)

4. Vol'nov, A. S. Assessment methods and ways to reduce the level of environmental hazard of road transport enterprises. In: *Ecology and industry of Russia*. 2012. No. 2. pp. 44-46. (In Russ.)

5. Hygienic standards. GN 2.1.6.3492-17. Appendix. Maximum permissible concentration (MPC) of pollutants in the air of urban and rural settlements. Moscow. 2018. (In Russ.)

6. GOST 32965-2014. General automobile roads. Accounting methods for traffic intensity. Moscow. 2014. (In Russ.)

7. Kurilenko V.V., Osmolovskaya N.G. Phytoremediation method for cleaning soils contaminated with heavy metals. Patent for invention No. 2665073, published on 28.08.2018. Bull. No. 25. A01B79/02. (In Russ.)

8. Naumenko O.A. Sokolova O. Ya., Bibartseva E.V. Ecological problems of the Southern Urals. *Bulletin of the Orenburg State University*. 2015. No. 10 (85). pp. 225-228. (In Russ.)

9. On approval of calculation methods for emissions dispersion of harmful (polluting) substances in the air. Order of the Ministry of Natural Resources and Ecology of the Russian Federation dated 06.06.2017 No. 273. Moscow. Ministry of Justice of the Russian Federation, 2017. pp. 80. (In Russ.)

10. Rusakova, T. I., Belyaev N. N., Karplyuk V. I. Investigation of the dynamics of atmospheric air pollution in the streets with vehicle emissions. *Bulletin of the Dnepropetrovsk University. Series "Mechanika"*. 2014. No. 5. Issue. 18. Vol. 1. pp. 127-138. (In Russ.)

11. Federal Law "On Environmental Protection" No. 7-FZ under date of 10.01.2002 (In Russ.)

12. Khuchunaev B.M., Kesheva L.A., Teunova N.V. Assessment of anthropogenic impact on the state of atmospheric air in the construction area of the Small Hydroelectric Power Station (Verkhnyaya Saniba settlement). Collection of URGTK. 2019. pp. 118-124. (In Russ.)
13. Berkowicz, R. Modelling traffic pollution in streets. National Environmental Research Institute, Roskilde, Denmark. Link: [http://www2.dmu.dk/1\\_viden/2\\_Miljoetilstand/3\\_luft/4\\_spredningsmodeller/5\\_OSPM/5\\_description/ModellingTrafficPollution\\_report.pdf](http://www2.dmu.dk/1_viden/2_Miljoetilstand/3_luft/4_spredningsmodeller/5_OSPM/5_description/ModellingTrafficPollution_report.pdf) – 20.09.2016.
14. Brook J.R., Graham L., Charland J.P., Cheng Y., Fan X., Lu G., Li S.M., Lillyman C., MacDonald P., Caravaggio G., MacPhee J.A. Investigation of the motor vehicle exhaust contribution to primary fine particle organic carbon in urban air. *Atmos, Environ.* 2007. Vol. 41. No. 1. pp. 119-135.
15. Carreras H.A., Pignata M.L., Saldiva P.H. N. In situ monitoring of urban air in Cordoba, Argentina using the Tradescantia-micronucleus (Trad-MCN) bioassay. *Atmos, Environ.* 2006. Vol. 40. No. 40. pp. 7824-7830.
16. Hadden E.J. Beautiful no-mow yards 50 amazing lawn alternative. London, Timber press, 2012. 237 p.
17. Lingard J.J. N., Agus E.L., Young D.T., Andrews G.E., Tomlin A.S. J Observations of urban airborne particle number concentrations during rush-hour conditions: analysis of the number based size distributions and modal parameters. *Envirion Monit.* 2006. Vol. 8. No. 12. pp. 1203-1218.
18. Sozaeva L. T. Evaluation of Emission of Pollutants in the Atmosphere Produced by Heating Enterprises of Nalchik Town. *Materials Science Forum.* October 2018. Vol. 931. Pp. 1047-1051.
19. Vlek S., Michon J. Why we should and how we could decrease the use of motor vehicles in the near future. *IATSS Research.* 1992. Vol. 15. No. 2. pp. 82-93.
20. Yin-Ming Li, Rufus L., Chaney, Roger D. Reeves, J. Scott Angle, Alan J.M. Baker. *Thlaspi caerulescens* subspecies for cadmium and zinc recovery. Patent US 7049492 B1. (Published 20.06.2018).