

УДК 504.064.3

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ОЦЕНКЕ СТЕПЕНИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ПРИДОРОЖНОЙ ПОЛОСЫ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Ходанов Г.А., Вольнов А.С.

*ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбург,
e-mail: krokopodneir@mail.ru, Volnov_AS@mail.ru*

На основе анализа основных источников загрязнения почвенного покрова установлено, что наибольший вклад в загрязнение почвенного покрова кроме промышленных предприятий, топливно-энергетического комплекса вносят автотранспортные потоки. С применением диаграммы Исикавы систематизированы факторы, влияющие на степень загрязнения почвенного покрова в придорожной полосе автомобильных дорог. Установлено, что к основным источникам поступления вредных веществ при загрязнении почвенного покрова в придорожной полосе автомобильных дорог относятся отработавшие газы; продукты изнашивания дорожного покрытия, автомобильные шины и тормозные механизмы; продукты коррозии кузовных деталей автомобиля; горюче-смазочные материалы; реагенты, используемые при зимнем содержании дорог. Предложен алгоритм оценки степени загрязнения почвенного покрова придорожной полосы автомобильных дорог, а также методики и средства измерений концентраций нефтепродуктов, металлов, формальдегида и бенз(а)пирена в почве. Рассмотрены существующие подходы к оценке концентраций вредных веществ в почвенном покрове. Показано, что экологическую оценку почвенного покрова селитебных территорий предпочтительно проводить с обязательным применением двух подходов: санитарно-гигиенического относительно нормативов ПДК и ОДК содержания валовых или подвижных форм микроэлементов, в том числе и тяжелых металлов, и ландшафтно-геохимического с оценкой превышения концентраций относительно фоновых параметров. При этом определение степени опасности загрязнения почв комплексом вредных веществ может проводиться по оценочной шкале в зависимости от суммарного показателя загрязнения. Предложены корректирующие мероприятия по защите почв, а также снижению степени загрязнения почвенного покрова придорожной полосы автомобильных дорог.

Ключевые слова: почвенный покров, вредные вещества, оценка, методика измерения, автотранспортный поток, автомобильная дорога, придорожная территория.

PROPOSALS FOR THE ESTIMATION OF THE DEGREE OF POLLUTION OF SOIL COVER OF THE ROAD OF AUTOMOBILE ROADS

Khodanov G.A., Volnov A.S.

Orenburg State University, Orenburg, e-mail: krokopodneir@mail.ru, Volnov_AS@mail.ru

Based on the analysis of the main sources of soil contamination, it has been established that the greatest contribution to soil contamination in addition to industrial enterprises, the fuel and energy complex is made by motor traffic. With the use of Ishikawa diagram, factors affecting the degree of soil pollution in the roadside road are systematized. It has been established that the main sources of harmful substances in case of contamination of the soil cover in the roadside are exhaust gases; pavement wear products, car tires and brakes; Corrosion products of car body parts; fuels and lubricants; reagents used in the winter maintenance of roads. An algorithm is proposed for assessing the degree of contamination of the soil cover of a roadside roadway, as well as methods and tools for measuring the concentrations of petroleum products, metals, formaldehyde and benzo(a)pyrene in the soil. Existing approaches to the assessment of concentrations of harmful substances in the soil cover are considered. It is shown that the ecological assessment of the soil cover of residential areas is preferably carried out with the obligatory application of two approaches: sanitary and hygienic relative to the MPC and OEC standards for the content of gross or mobile forms of microelements, including heavy metals, and landscape-geochemical, with an estimate of the concentration excess relative to background parameters. Moreover, the determination of the degree of danger of soil contamination with a complex of harmful substances can be carried out on an assessment scale depending on the total pollution indicator. Corrective measures were proposed to protect the soil, as well as to reduce the degree of contamination of the soil cover of the roadside road.

Keywords: soil cover, hazardous substances, assessment, measurement technique, vehicle traffic, road, roadside territory

В настоящее время во многих регионах России техногенное загрязнение почв достигло такой степени, что представляет серьезную опасность для человека [1]. Особенно сильное техногенное воздействие испытывают территории городов и прилегающие к ним районы. Почва в отличие от атмосферы и воды обладает свойством длительное время хранить вредные вещества (ВВ), что непосредственно влияет на деятельность человека также долго [2]. В условиях разветвленной городской транспорт-

ной сети именно автотранспортные потоки становятся основным источником загрязнения придорожной территории [3]. Влияние автотранспортных потоков как источников антропогенного вмешательства в природно-территориальный комплекс проявляется в длительном воздействии ВВ, образующихся при неполном сгорании топлива или в результате изнашивания автомобильных шин, тормозных механизмов и дорожного покрытия [4, 5], которые оседают по краям дорожного полотна, аккумулируясь на поверх-

ности и мигрируя по почвенному профилю. Под влиянием выбросов происходит ингибирование роста главных побегов растений. Такие растения отличаются пониженным содержанием большинства аминокислот, что влечет за собой снижение их биологической ценности и ухудшение пищевых качеств [6]. Кроме того прогрессивные темпы роста численности автомобильного транспорта, пространственная рассредоточенность автомобильного транспорта, непосредственная приближённость к жилым районам, достаточно высокая токсичность ВВ от автотранспортного потока, сравнительно низкое расположение автотранспортных средств (АТС) от земной поверхности в итоге приводят к скапливанию ВВ в зоне дыхания людей. Данные особенности создают в городах обширные зоны с устойчивым превышением санитарно-гигиенических нормативов загрязнения не только атмосферного воздуха, но и почвенного покрова. Поэтому экологическая оценка степени загрязнения почвенного покрова придорожной территории городских автомобильных дорог и поиск способов её управления являются одним из приоритетных направлений.

Цель работы: провести анализ основных подходов к оценке ВВ в почвенном покрове, а также разработать предложения по оценке степени загрязнения почвенного покрова придорожной полосы автомобильных дорог.

Нами был проведён анализ исследований [1–3, 6–9] по результатам которого систематизированы основные факторы, влияющие на степень загрязнения почвенного покрова в придорожной полосе автомобильных дорог (рис. 1). При исследовании загрязнения почв выбросами ВВ от АТС необходимо учитывать интенсивность движения, типы АТС, особенности городской инфраструктуры, характер почвенного покрова и вид землепользования, а также скорости и направление воздушных потоков. Причём в разных городах на исследуемых участках в придорожной полосе автомобильных дорог наблюдались превышения концентраций различных ВВ, а элементный состав варьировался в пространстве и времени. Это свидетельствует о большой зависимости содержания ВВ от различных региональных особенностей, обуславливающих попадание и выведение их из почв.



Рис. 1. Систематизация факторов, влияющих на степень загрязнения почвенного покрова в придорожной полосе автомобильных дорог

Обобщая данные литературных источников [1–3, 6–9], можно выделить следующую закономерность: максимальное загрязнение ВВ отмечается на расстоянии до 7 м от полотна дороги, опасная концентрация сохраняется до 20–30 м, а дальше степень загрязнения постепенно снижается. Например, наибольшее содержание свинца (до 3520 мкг/кг) отмечается в верхнем слое (0–5 см) почвы на расстоянии до 50 м от края дороги [6]. Кроме того, существуют зависимости между значениями удельной сдуваемости для различных АТС в зависимости от скорости их движения на дорогах с асфальтовым и грунтовым покрытиями. Так наибольшее значение удельной сдуваемости характерно для автобусов при скорости 80 км/ч, как для дороги с асфальтовым покрытием – 192 мг/с, так и грунтовым покрытием – 789 мг/с. Наименьшее значение удельной сдуваемости характерно для легковых автомобилей при скорости движения 20 км/ч. Для дорог с асфальтовым покрытием она составляет 3 мг/с, а для дорог с грунтовым покрытием 21 мг/с. Рассеивание примесей в атмосфере является неотъемлемой частью процесса загрязнения почвы и зависит от таких факторов как климатические условия (скорость и направление ветра, температура, влажность, атмосферное давление), особенности ландшафта, время суток, расположение и характеристики подстилающих поверхностей и др. ВВ, выбрасываемые в атмосферу, также активно вступают в фотохимические, химические или каталитические реакции с другими веществами,

которые существенно влияют на их токсичность и степень рассеивания в почвенном покрове. Эти данные подтверждаются исследованиями сотрудников кафедры экологии и природопользования ОГУ [8], из которых следует, что максимальную нагрузку в г. Оренбурге испытывают почвы придорожной зоны на улицах с максимальной интенсивностью автотранспортного потока (пр. Победы, ул. Чкалова и т.д.). Особенно велика нагрузка по свинцу: 10,29 т/км²·год. Причем с увеличением расстояния от дороги значительно уменьшается только количество взвешенных частиц. Следовательно, вещества, имеющие высокую степень опасности (свинец, цинк), не концентрируются вблизи дорожного полотна, а, абсорбируясь на частицах пыли, разносятся на значительные расстояния [9]. Исследования [8, 9] показали, что средние концентрации железа превышали ПДК в 3,6 раза, по цинку в 2,9 раза, по меди в 0,7 раза, по свинцу в 2,1 раза, по никелю в 1,5 раза, по хрому на уровне ПДК. Таким образом, придорожные зоны улиц города Оренбурга с высокой интенсивностью автотранспортного потока также испытывают сильную нагрузку по ВВ, превышающим предельно-допустимый уровень. Анализ информации из государственных докладов о состоянии и об охране окружающей среды Оренбургской области 2010–2017 года позволил установить, что основными загрязняющими веществами почвенного покрова являются ВВ, выделяющиеся при эксплуатации АТС (табл. 1).

Таблица 1

Источники поступления ВВ от автотранспортных потоков в придорожной полосе

Источник выбросов ВВ	ВВ, загрязняющие почвенный покров придорожной полосы автомобильных дорог
Отработавшие газы двигателей автомобилей	Бенз(α)пирен, нефтепродукты, формальдегид и ДЧ до 34 %, включая сажу, Pb, Ni, Fe, SiO ₂ , Mn, Zn, и т.д.
Продукты изнашивания дорожного покрытия	Si, Ca, Mg, тяжелые металлы.
Продукты изнашивания автомобильных шин	Бенз(α)пирен, бифенил, полициклические ароматические углеводороды, бутадиев, стирол, диоксин, фуран, антрацен, флуорентан, пирен, Cd, Zn, Pb, Cr, Cu, Ni и т.д.
Продукты изнашивания тормозных механизмов (тормозные накладки, колодки, диски и д.р.)	Cr, Cu, Ni, Pb, Zn и т.д.
Горюче-смазочные материалы	Pb, Ni, Zn, Cu, V, Cr
Продукты коррозии кузовных деталей автомобилей	Ni, Cr
Реагенты, используемые при зимнем содержании дорог (антигололедные средства)	Na, Ca, Mg и т.д.

На основе систематизации факторов, влияющих на степень загрязнения почвенного покрова в придорожной полосе автомобильных дорог, а также основных источников поступления ВВ от автотранспортных потоков в придорожной полосе нами предложен алгоритм оценки почвенного покрова придорожной полосы автомобильных дорог (рис. 2). Согласно предлагаемому алгоритму на начальном этапе проводится анализ региональных баз данных показателей состояния окружающей среды системы социально-гигиенического мониторинга, в которых содержится информация о результатах каждого лабораторного анализа степени загрязнения почвы, с целью обобщения информации эти данные рекомендуется подвергать статистической обработке.

и сертификации ОГУ при оценке степени загрязнения приземного слоя атмосферы городов от автотранспортных потоков [10]. В ходе проведённых исследований [10] в приземном слое атмосферы были обнаружены близкие к ПДК концентрации бенз(α)пирена – канцерогена первого класса опасности, а также существенные концентрации алюминия, меди, железа, марганца, свинца, никеля и д.р. металлов, что свидетельствует о возможности их присутствия в почвенном покрове. При определении точек отбора необходимо учитывать основные параметры автотранспортного потока; ширину автомобильной дороги; тип существующих защитных сооружений (насыпи, выемки, зелёные насаждения и т.п.); климатические параметры.



Рис. 2. Предлагаемый алгоритм оценки степени загрязнения почвенного покрова придорожной полосы автомобильных дорог

Дополнительно при оценке степени загрязнения почвенного покрова придорожной полосы автомобильных дорог г. Оренбурга нами рекомендуется использовать экологические карты 34 перекрёстков автомобильных дорог, составленные сотрудниками кафедры метрологии, стандартизации

При общем загрязнении почв пробные площадки должны намечаться по координатной сетке, указывая их номера и координаты. Расстояния между линиями сетки намечаются с учетом расстояния от источника загрязнения уклона поверхности и преобладающего направления ветра. В зависимости

от цели исследования размер пробной площадки, масса и вид пробы должны соответствовать требованиям, указанным в ГОСТ 17.4.3.01–2017. Так для определения содержания в почве ВВ требуется не менее одной объединенной пробы. При мощности горизонта или слоя более 40 см отбирают раздельно не менее двух проб с различной глубиной. Масса объединенной пробы должна быть не менее 1 кг. Отбор проб почвы проводят на пробных площадках, закладываемых таким образом, чтобы исключить искажение результатов анализов под влиянием окружающей среды. При необходимости получения сравнительных результатов пробы почв отбирают в идентичных естественных условиях. Отбор проб проводят с учетом вертикальной структуры, неоднородности покрова почвы, рельефа и климата местности, а также с учетом особенностей загрязняющих веществ или организмов. Отобранные пробы необходимо пронумеровать и зарегистрировать в журнале, указав следующие данные: порядковый номер и место взятия пробы, рельеф местности, тип почвы, целевое назначение территории, вид загрязнения, дату отбора.

Упаковка, транспортирование и хранение проб должны осуществляться в зависимости от цели и метода анализа. Пробы, отобранные для химического анализа, следует упаковывать, транспортировать и хранить в емкостях из химически нейтрального материала. Пробы, отобранные для определения физических свойств почвы, должны сохранить структуру почвы. Для установления наличия метаболизируемых химических веществ, пробы анализируют в течение 5 ч после взятия. При этом не допускается проводить анализ проб в течение 2 суток при условии, что температура хранения не превышает 4°C.

Так как нами предлагается оценивать качество почвенного покрова в придорожной территории автомобильных дорог по содержанию основных ВВ выделяемых при эксплуатации автомобильного транспорта пробы должны быть отобраны на участках улично-дорожной сети (УДС), где наблюдается интенсивное движение автотранспортных потоков на расстоянии от 5 до 50 м. Для достоверной оценки степени загрязнения почвенного покрова в придорожной полосе автомобильных дорог необходим обоснованный выбор методик анализа проб почвы. Определяющими критериями при выборе методик мы предлагаем считать метрологические требования: диапазоны измерений ВВ, характеристики погрешности и неопределенности метода, нормированные метрологические характеристики

применяемых стандартизованных средств измерений. Кроме этого необходимо учитывать доступность метода для лаборатории, возможность проведения отбора и хранения проб при различных климатических условиях. Предлагаемые методики и средства измерений концентраций ВВ для оценки степени загрязнения почвенного покрова придорожной полосы автомобильных дорог с учетом выбросов ОГ, продуктов изнашивания автомобильных шин, тормозных механизмов, дорожного покрытия, а также асфальтовых испарений приведены в табл. 2.

Полученные концентрации ВВ в почвенном покрове подвергаются обработке и анализу с целью принятия управленческих решений по охране здоровья населения. Чтобы определить, является ли степень загрязнения почвенного покрова данным веществом высокой или низкой, необходимо каждый из результатов наблюдений или рассчитываемый по совокупности данных показатель сравнить с некоторым критерием.

Критериями могут быть уровни загрязнения в других мониторинговых точках или населенных пунктах, средние арифметические значения показателей за предыдущие периоды мониторинга или непосредственно санитарно-гигиенические нормативы качества почвы ПДК, ОДК и др. (табл. 3). Существуют и другие различные подходы оценки загрязнения почв. Например, это сравнение загрязненных почв с их природными аналогами или значениями регионального фона с применением коэффициента концентрации относительно фоновых содержаний Кк. Разработка таких ограничений вызвана высокой изменчивостью фоновых уровней для почв различных геохимических провинций и природных зон. В этом случае допустимые пределы должны быть различны в зависимости от свойств почвы, что на данный момент разработано не для всех определяемых элементов. Этот коэффициент является полезным для определения степени загрязнения, но при этом не отражает санитарно-гигиеническую сторону нормирования.

Поэтому основной способ оценки состоит в экспериментальном сравнении уровней содержания ВВ с предельно допустимыми концентрациями ПДК в почвенном покрове.

венного покрова селитебных территорий необходимо проводить с обязательным применением двух подходов: санитарно-гигиенического относительно нормативов ПДК и ОДК содержания валовых или подвижных форм микроэлементов, в том числе и тяжелых металлов, и ландшафтно-геохимического с оценкой превышения концентраций относительно фоновых параметров.

Таблица 2

Результаты анализа предлагаемых методик и средств измерений концентраций ВВ, рекомендуемых для оценки степени загрязнения почвенного покрова в придорожной полосе автомобильных дорог

Определяемые показатели	Методика и область применения	Средство измерения	Достоинства	Недостатки
Бенз(α)пирен	ПНДФ 16.1:2.2.1:2.3:3.39–2003 устанавливает методику измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв, грунтов, донных отложений, осадков сточных вод, отходов производства и потребления гравиметрическим методом	Жидкостный хроматограф SHIMADZU LC-20 Prominence	Широкий диапазон молекулярных масс веществ, с которыми можно работать, мягкость условий проведения анализа, высокая скорость анализа	Ограниченная линейная область, никогда нельзя экстраполировать результаты за пределы того диапазона, для которого имеется градуировочная кривая
Формальдегид	РД 52.04.823–2015 устанавливает методику измерений массовой концентрации формальдегида в атмосферном воздухе фотометрическим методом с ацетилацетоном при проведении разовых отборов	Спектрофотометр КФК-3-01-«ЗОМЗ»	Хорошо подходит для определения состава инертных газов, применим как для высокого, так и для низкого содержания вещества в растворе	Метод плохо работает для смеси газов, ограничения закона Бугера-Ламберта-Бера
Металлы (цинк, свинец, кадмий, хром, кобальт, никель, железо, алюминий, марганец)	М-МВИ-80–2008 устанавливает методику выполнения измерений массовой доли элементов в пробах (образцах) всех типов почв, грунтов и донных отложений тремя методами: атомно-эмиссионной спектрометрии, атомно-абсорбционной спектрометрии, атомно-абсорбционной спектрометрии «холодного пара»	Атомно-абсорбционный спектрометр КВАНТ-2А	Простота, высокая селективность и малое влияние состава пробы на результаты анализа	Невозможность одновременного определения нескольких элементов при использовании линейчатых источников излучения и, как правило, необходимость перевода проб в раствор
Нефтепродукты	ПНД Ф 16.1:2.21–98 устанавливает методику выполнения измерений массовой доли нефтепродуктов в пробах почв и грунтов на анализаторе жидкости «Флюорат-02»	Анализатор жидкости Флюорат-02–3М	Небольшое время анализа, высокая селективность, широкая номенклатура определяемых показателей	Чтобы получить достоверные результаты, нужно обязательно иметь в наличии стандартный раствор, который содержит те же люминесцирующие компоненты

Таблица 3

Существующие подходы к оценке концентраций ВВ
 в почвенном покрове

Метод оценки	Описание подхода к оценке концентраций ВВ
Метод ПДК (предельно допустимая концентрация химических веществ).	Метод ПДК является основным показателем при санитарно-гигиенической оценке загрязненности почвы вредными веществами. Уровень химических веществ не должен превышать экспериментально подобранных нормативов, тем самым он не будет представлять какой-либо угрозы для человеческого организма – как прямого, так и косвенного. Благодаря способности к самоочищению почва имеет возможность обезвреживать некоторое количество вредных элементов, и метод ПДК позволяет выявить, находится ли концентрация этих веществ в допустимых пределах, или же превышает их в соответствии с ГН 2.1.7.2041–06 «Почва, очистка населенных мест, отходы производства и потребления, санитарная охрана почвы. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве»
Метод ОДК (ориентировочно допустимая концентрация химического вещества)	С помощью метода оценки загрязнения почвенного покрова по ОДК выявляется расчетный уровень загрязненности почвы. В основе методики исследования заложены нормативы, рассчитанные для оценки безопасности продуктов питания. Такой подход обусловлен тем, что ВВ из почвы имеют тенденцию переходить в растения, которые в дальнейшем могут попадать в организм человека
Метод биотестирования	Особенностью метода биотестирования является то, что для выявления уровня токсичности почвенной пробы используются живые организмы. Это могут быть животные, микроорганизмы или растения. Для растений используется следующая оценка: уровень всхожести семян; длина зародышевых корешков; измерение длины побегов и т.д. Полученные показатели сравниваются с нормой, и на основе полученных сравнительных данных определяется степень загрязненности почвы. Этот тест показывает фитотоксические характеристики почвы
Метод биодиагностики	Суть метода биодиагностики сводится к тому, что биологическая активность почвы находится на определенном уровне, зафиксированном многочисленными исследованиями. В основе метода лежит исследование почвенных ферментов, содержащихся в гумусе. Комплексная оценка степени загрязненности почвы методом биодиагностики базируется на интегральном показателе биологического состояния

Таким образом, экологическую оценку почв для характеристики степени загрязненности почвы используют суммарный показатель загрязнения (Z_c). Суммарный показатель загрязнения при использовании его для оценки воздействия источников загрязнений на окружающую среду является более информативным, так как отражает относительную динамику показателей и учитывает их совместное воздействие. Анализ распределения суммарного показателя загрязнения

дает пространственную структуру загрязнения селитебной территории с выявлением районов наибольшего риска для здоровья населения. Оценка степени опасности загрязнения почв комплексом ВВ по показателю Z_c проводится в соответствии с СанПиН 2.1.7.1287–03 по оценочной шкале. В случае превышения ВВ в почвенном покрове придорожной полосы должны предприниматься корректирующие мероприятия по снижению концентрации ВВ в почве (табл. 4).

Таблица 4

Основные корректирующие мероприятия по снижению степени загрязнения почвенного покрова ВВ в придорожной территории автомобильных дорог

Способ	Описание способа
Механический	Удаление верхнего, наиболее загрязненного слоя почвы и его захоронение. Перемещение верхнего загрязненного слоя с незагрязненным грунтом. Нанесение на загрязненную почву слоя чистой плодородной земли мощностью до 10 см или грунта. Посадка зеленой полосы (деревья, газон и т.д.).
Химический	Основан на переводе токсичных ВВ в малоподвижные соединения
Электромелиорация	Способ основан на осаждении соединений тяжелых металлов, находящихся в проводящем растворе на катоде или аноде (в зависимости от знака заряда иона)
Фитомелиорация	Способ основан на использовании выноса химических элементов растениями. Для этой цели используются растения, способные накапливать тяжелые металлы в больших количествах (гипераккумулянты)
Организация дорожного движения	Регулирование интенсивности и плотности автотранспортного потока в зависимости от степени загрязнения приземного слоя атмосферы и почвенного покрова. Использование экологически чистых топлив (биогазель, метан и др.), переход на гибридные и электродвигатели. Установка защитных экранов

Анализируя воздействие АТС на почвенный покров придорожных полос, необходимо признать, что придорожные зоны улиц с высокой интенсивностью автотранспортного потока испытывают сильную нагрузку по ВВ высших классов опасности, концентрации которых превышают предельно-допустимый уровень. Проведенные исследования свидетельствуют о сложности оценки степени загрязнения почвенного покрова придорожных полос автомобильных дорог и необходимости разработки программ мероприятий по снижению концентраций ВВ. Нами рекомендуется усилить экологический мониторинг ВВ присутствующих не только в приземном слое атмосферы, но и в почвенном покрове на наиболее загрязненных участках УДС города, особенно в «часы – пик» (в утренние часы, обеденный перерыв, вечернее время) с использованием предлагаемых методов и средств измерений для дальнейшего составления экологических карт почвенного покрова придорожной полосы автомобильных дорог, а также прогнозирования развития ситуации.

Работа выполнена под руководством профессора кафедры метрологии, стандартизации и сертификации Оренбургского государственного университета Третьяк Людмилы Николаевны – д.т.н., доцента, члена-корреспондента РАЕ.

Список литературы

1. Корчагина К.В. Оценка загрязнения городских почв тяжелыми металлами с учетом профильного распределения их объемных концентраций: дис. ... канд. биол. наук:

03.02.13: защищена 23.12.14 / Корчагина Кристина Викторовна – М., 2014. – 234 с.

2. Сивцева Н.Е. Экологическая оценка состояния территории г. Якутска по суммарному показателю загрязнения почвенного покрова / Н.Е. Сивцева, Я.Б. Легостаева, В.С. Макаров, Н.Ф. Васильев // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. – 2011. – №8 (2). – С. 30–35.

3. Шорина Т.С. Влияние автомобильного транспорта на свойства почв придорожных территорий города Оренбурга / Т.С. Шорина, А.В. Попов, Б.С. Укенов // Вестник Оренб. Гос. Ун-та. – 2013. – №6 (155). – С. 134–137.

4. Suleimanov, I.F. Justification for the road transport stream parameters on basis of their ecological monitoring / I.F. Suleimanov, D.A. Kharlyamov, G.V. Mavrin, L.N. Tretyak, N.Z. Sultanov, A.S. Volnov // Indo American Journal of Pharmaceutical Sciences. – 2018. – Т. 5, № 5. – С. 4423–4429.

5. Третьяк Л.Н. Обеспечение экологической безопасности автотранспортных потоков путём комплексного учёта выбросов вредных веществ и разработки организационно-технических мероприятий / Л.Н. Третьяк, А.С. Вольнов, Д. А. Косых // Интеллектуальные инновации. Инвестиции. – 2017. – № 11. – С. 40–46.

6. Рудь А.В. Загрязнение тяжелыми металлами почв и растительности придорожных полос автодорог Минской области / А.В. Рудь // Вестник БГУ. – 2007. – № 1. – С. 111–115.

7. Трофименко Ю.В. Биологические методы снижения автотранспортного загрязнения придорожной полосы: обзор информ. / Ю.В. Трофименко, А.В. Любиков. – М.: Информ. центр по автомоб. дорогам (Информавтодор), 2001. – 96 с.

8. Тарасова Т.Ф. Исследование экологических нагрузок на придорожные территории г. Оренбурга / Т.Ф. Тарасова, М.Ю. Гарицкая // Вестник Оренб. гос. ун-та, 2004. – №2 – С. 116–121.

9. Чекмарева, О.В. Оценка роли автомобильного транспорта в загрязнении воздуха города Оренбурга / О.В. Чекмарева // Вестник Оренб. Гос. Ун-та. – 2001 – №1. – С. 75–77.

10. Третьяк, Л.Н. Обоснование методов контроля при экологическом мониторинге автотранспортных потоков на автомобильных дорогах города Оренбурга / Л.Н. Третьяк, А.С. Вольнов, Е.Б. Болотный // Прогрессивные технологии в транспортных системах: сб. ст. XII междунар. науч.-практ. конф. (22–24 апреля 2015 г.). – Оренбург: ФГБОУ ВПО «ОГИМ», 2015. – С. 475–484.