

МАКАРОВ АНДРЕЙ ОЛЕГОВИЧ

**ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ НЕКОТОРЫХ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ОБЪЕКТОВ ЦАО г. МОСКВЫ**

специальности: 03.02.13 – «почвоведение» и
03.02.08 – «экология»

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук**

Москва – 2014

Работа выполнена на кафедре земельных ресурсов и оценки почв факультета почвоведения Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Научные руководители: Доктор биологических наук,
профессор **Александр Сергеевич Яковлев,**

Кандидат биологических наук
Галина Петровна Тощева

Официальные оппоненты: **Михаил Арнольдович Мазиров,** доктор биологических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», заведующий кафедрой земледелия и методики опытного дела

Инна Здиславовна Каманина, кандидат биологических наук, Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московской области «Международный университет природы, общества и человека «Дубна», доцент кафедры экологии и наук о Земле

Ведущее учреждение: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения Российской академии наук (г. Пушкино)

Защита состоится 23.12.2014 в 15.30 в аудитории 398-М на заседании диссертационного совета Д 501.001.57 при МГУ имени М.В. Ломоносова на факультете почвоведения по адресу: 119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, д.1, стр. 12, МГУ имени М.В. Ломоносова, ф-т Почвоведения.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МГУ имени М.В. Ломоносова.

Автореферат разослан «__» _____ 2014 г.

Приглашаем Вас принять участие в обсуждении диссертации на заседании диссертационного совета или присылать отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, по адресу: 119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, д.1, стр. 12, МГУ им. М.В. Ломоносова, ф-т Почвоведения, Ученый совет. Факс (495) 939-29-47

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор биологических наук

Алла Сергеевна Никифорова

Актуальность проблемы. В настоящее время существует общее представление о том, что воздействие железнодорожного транспорта на окружающую среду обусловлено а) строительством железных дорог, б) производственно - хозяйственной деятельности предприятий, в) эксплуатацией и г) сжиганием топлива.

Наиболее распространёнными загрязнителями территорий предприятий железнодорожной отрасли являются органические вещества и продукты их сгорания (нефть, нефтепродукты, мазут, топливо, смазочные материалы, полициклические ароматические углеводороды) и тяжелые металлы (железо, марганец, свинец, медь, цинк, кобальт и др.) (Никифорова, 1991; Павлова, 2000; Техногенез..., 2003).

Основной причиной загрязнения железнодорожных путей нефтепродуктами является их утечка из цистерн, неисправных котлов, при заправке колесных букс. Тяжелые металлы попадают в почвы при железнодорожных пространствах при перевозке в открытых вагонах и перегрузке различных руд, минеральных удобрений, истирании проводов и рельсов и при сгорании жидкого и твердого топлива на стационарных и передвижных источниках (Каверина, 2004; Казанцев, 2008).

При этом особенно интенсивное загрязнение почв нефтепродуктами (Каверина, 2004) и тяжелыми металлами (Казанцев, 2008) происходит в непосредственной близости от железнодорожного полотна – в зоне от 0 м (когда, например, углеводородное сырье проникает между шпалами в слой из песка и щебня, что приводит к уплотнению насыпи, ухудшению отвода атмосферных осадков и приводит к деформации или просадкам пути - (Калинин, Сологуб, Казаков, 1986) до 20 м (Каверина, 2004). Тяжелые металлы накапливаются в поверхностном слое почвы, а нефтепродукты могут проникать на большую глубину (Ратанова, 1999).

К сожалению, детальных исследований экологического состояния почв (включая их загрязненность) как полос отвода железных дорог, так и территорий предприятий железнодорожного транспорта (локомотивные и вагонные депо, железнодорожные и промывочные станции, пункты подготовки пассажирских вагонов и т.д.) в пределах мегаполиса еще не проводилось.

Цель настоящей работы: оценить экологическое состояние почв железнодорожных объектов «Территория грузового двора «Москва-Товарная-Смоленская» («Белорусский вокзал») и «Участок от Ленинградского и Ярославского вокзалов до Николаевского путепровода» («Три вокзала»), расположенных в ЦАО города Москвы.

Задачи:

- 1. Провести анализ исследований и нормативно-методических документов в области оценки и регулирования состояния почв и других компонентов окружающей среды в зонах влияния железнодорожного транспорта.
- 2. Изучить физические, физико-химические и химические свойства городских почв железнодорожных объектов «Белорусский вокзал» и «Три вокзала».
- 3. Оценить уровень загрязнения и степень деградации, рассчитать значения интегральных показателей экологического состояния изучаемых городских почв (Zс, ППЭК).
- 4. Выделить зоны накопления/снижения содержания загрязняющих веществ и магнитных оксидов железа на территории исследуемых железнодорожных объектов.
- 5. Оценить достоверность различий между почвами изучаемых железнодорожных объектов и «фоновых» территорий по содержанию загрязняющих веществ и магнитной восприимчивости.
- 6. Оценить величину ущерба/вреда от загрязнения и деградации почв и земель исследуемых железнодорожных объектов ЦАО города Москвы, используя различные методические подходы.

Научная новизна. Впервые установлено, что почвы железнодорожных объектов ЦАО города Москвы подвергаются существенной техногенной нагрузке и значительно отличаются от почв прилегающих территорий, условно обозначенных «фоновыми», по

содержанию ряда тяжелых металлов, органических загрязнителей и магнитной восприимчивости. Указанная нагрузка складывается из «общегородской» составляющей, характерной для всех функциональных зон мегаполиса, ощутимым компонентом которой являются выбросы автомобильного транспорта, и составляющей «специфической», обусловленной движением железнодорожных составов и хозяйственной деятельностью на территории объектов железнодорожного транспорта, о чем также свидетельствует аккумуляция токсикантов и магнитных оксидов железа в почвах вблизи железнодорожного полотна.

К величине стоимости работ по очистке загрязненных территорий железнодорожных объектов, вычисленной при помощи программного комплекса, предназначенного для автоматизации сметного расчета в строительстве, наиболее близок размер вреда, причиненного исследуемым почвам как объекту охраны окружающей среды (федеральная методика 2010 года).

В соответствии с результатами исследований сформулированы следующие **защищаемые положения**:

1. В почвах железнодорожных объектов, расположенных в центре мегаполиса, четко выделяются зоны повышенного/пониженного содержания магнитных оксидов железа, органических токсикантов и тяжелых металлов, находящиеся на определенном расстоянии от железнодорожного полотна.
2. Различный уровень техногенной нагрузки на почвы железнодорожных объектов, определяемый обилием «специфических» факторов воздействия (количество путей, локомотивных депо, трансформаторных подстанций и т.д.), существенно влияет на характер локализаций магнитных оксидов железа, органических токсикантов и тяжелых металлов в почвах внутри объектов и степень отличия загрязненности этих почв от почв сопредельных, «фоновых», территорий.
3. Повышенное содержание загрязняющих веществ в почвах объектов железнодорожного транспорта создает предпосылки для миграции этих веществ в сопредельные городские экосистемы, в том числе приуроченные к селитебной и рекреационным функциональным зонам.

Практическая значимость.

Полученные результаты могут быть предложены Департаменту природопользования и охраны окружающей среды города Москвы для разработки принципов рационального природопользования на техногенных городских территориях, в том числе, - сокращения геохимических потоков загрязняющих веществ из очагов загрязнения в сопредельные ландшафты. Кроме того, на основе этих результатов возможно создание типового проекта рекультивации городских территорий, находящихся в ведении ОАО «Российские железные дороги».

Расчет величин ущерба/вреда от загрязнения и деградации почв и земель «Белорусского вокзала» и «Трех вокзалов» можно рассматривать в качестве осуществления программы по инвентаризации объектов накопленного экологического ущерба, проводимой Федеральной службой по надзору в сфере природопользования.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на Международной научно-практической конференции «Экологическое нормирование, сертификация и паспортизация почв как научная основа рационального землепользования» (Москва, 2010), на конференции молодых ученых в РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (Москва, 2011), на конференции «Экологические проблемы Подмосковья» (Дубна, 2012), на «XX Международной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Ломоносов»» (Москва, 2013).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 6 работ, в том числе 3 в рецензируемых журналах из списка ВАК.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав, выводов, списка литературы, включающего _ отечественных и _ зарубежных работ. Содержательная часть диссертации изложена на _ страницах, иллюстрирована _ рисунками, _ таблицами.

Благодарности. Выражаю глубокую признательность научным руководителям профессору А.С. Яковлеву и кандидату биологических наук Г.П. Тощевой за руководство, ценные советы по научной работе, всестороннюю помощь и поддержку. Искренне благодарен ст.н.с. кафедры общего земледелия, к.с/х.н., Ю.Л. Мешалкиной за ценные консультации.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. Современные представления о состоянии почв и других компонентов окружающей среды в зонах влияния железнодорожного транспорта

На территории Российской Федерации 44% грузовых и 27,9% пассажирских перевозок осуществляется железнодорожным транспортом («Транспорт России. «Информационно-статистический бюллетень (январь – декабрь 2011 года)», сайт <http://www.mintrans.ru/>). При этом общая площадь земель железнодорожного транспорта в России составляет 1 304 975 га и проходит по территории различных категорий земли. Только полоса отвода земли Московской железной дороги составляет 104 331,4 га (Попов, 2002). Эти статистические данные говорят о том, что железнодорожный транспорт является одним из крупнейших субъектов земельных отношений в нашей стране.

По мнению ряда исследователей (Каверина, 2004; Панова, 2010 и др.), факторы воздействия объектов железнодорожного транспорта на окружающую среду можно классифицировать по следующим признакам:

- 1) механические (твердые отходы, механическое воздействие на почвы строительных, дорожных, путевых и других машин);
- 2) физические (тепловые излучения, электрические поля, электромагнитные поля, шум, инфразвук, ультразвук, вибрация, радиация и др.);
- 3) химические вещества и соединения (нефтепродукты, ПАУ, соли тяжелых металлов, кислоты, щелочи, альдегиды, краски и растворители, органические кислоты и соединения и др.), которые подразделяются на чрезвычайно опасные, высоко опасные, опасные и малоопасные;
- 4) биологические (макро- и микроорганизмы, бактерии, вирусы).

Основными загрязняющими веществами в зонах влияния железнодорожного являются нефтепродукты и тяжелые металлы. Показано, что накопление тяжелых металлов в почве полосы отвода имеет следующую закономерность: $Fe > Mn > Pb > Si > Zn > Ni > Co > Cr > V > Ti$. На примере Самарской области установлено, что накопителями тяжелых металлов среди древесных растений полосы отвода в Самарской области являются *Acer negundo* и *Ulmus pumila*, травянистых - *Aegorodium podagraria* (Казанцев, 2008).

Сведения о загрязненности почв и других компонентов окружающей природной среды полос отвода железных дорог и предприятий железнодорожного транспорта в пределах мегаполиса в специальной научной литературе практически не представлены.

2. Объекты и методы исследования

Исследования почв проводились на территории двух железнодорожных объектов, расположенных в ЦАО города Москвы, - 1) «Территории грузового двора «Москва-Товарная-Смоленская» (далее - «Белорусский вокзал») и «Участке от Ленинградского и Ярославского вокзалов до Николаевского путепровода» (далее - «Три вокзала») - рис.1., 2.

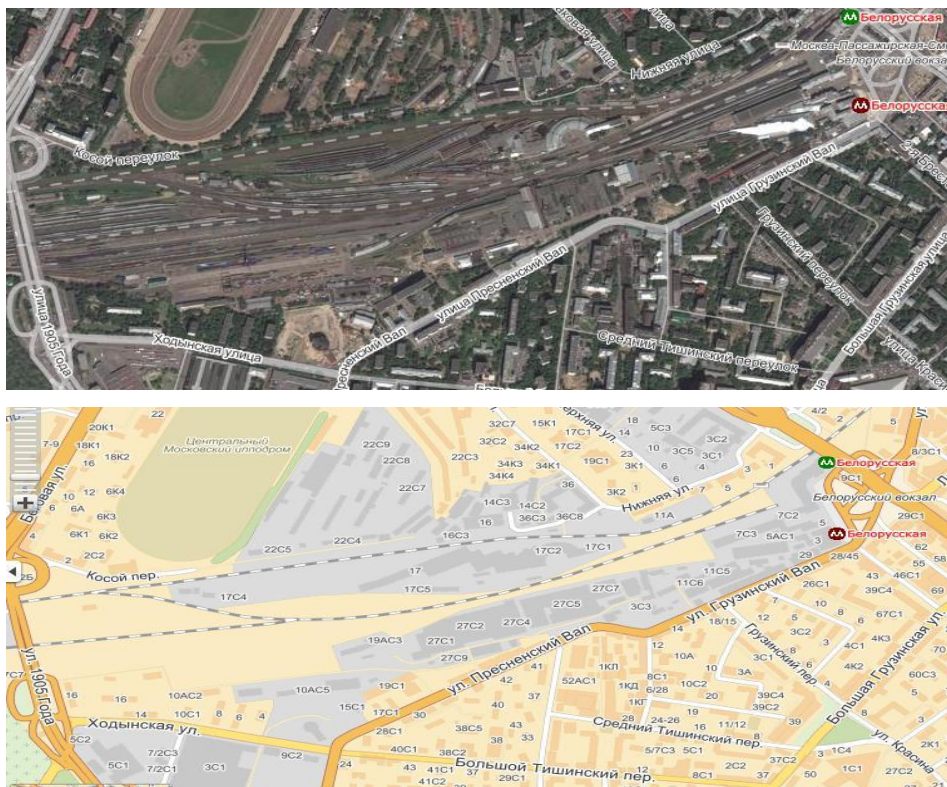


Рис. 1. Объект «Белорусский вокзал» (масштаб 1: 16300)

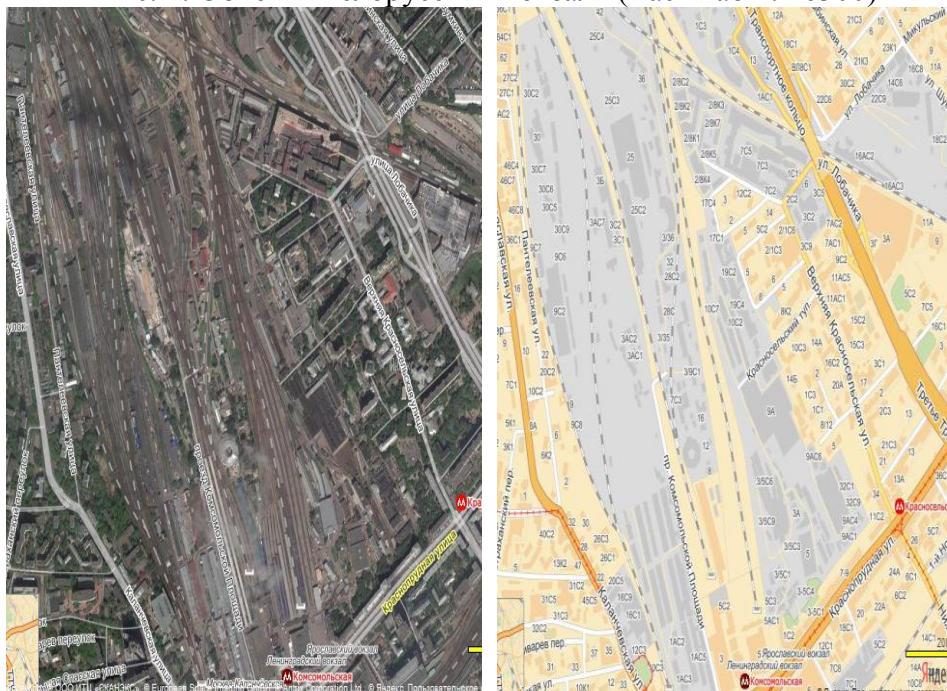


Рис. 2. Объект «Три вокзала» (масштаб 1: 33 000)

Территории «Белорусского вокзала» (Пресненский район) и «Трех вокзалов» (Красносельский район) включают в себя самые разнообразные объекты, в том числе локомотивные депо, трансформаторные подстанции, механические мастерские, ангары, склады, гаражи, здания вагономоечной машины, платформы, павильоны, административные здания, служебные помещения и др. Таким образом, значительная часть железнодорожных объектов занята щебеночными, асфальтобетонными покрытиями и застройкой. Площадь озелененных участков, распределенных по территориям объектов крайне неравномерно, составляет около

10% от общей площади объектов. Деревья и кустарники расположены единичными экземплярами, группами и рядовыми посадками, характеризуются разнообразным породным составом; травянистый покров представленный главным образом рудеральной и злаковой растительностью. Общее проективное покрытие травянистого яруса в непосредственной близости от железнодорожного полотна, как правило, невелико, варьируя от 0% до 10-20%.

Разрезы, выполненные на территории объекта «Белорусский вокзал», позволили диагностировать экстремально химически загрязненные почвы хемоземы и техногенные поверхностные образования (Герасимова и др., 2003; «Классификация и диагностика почв России», 2004). Для всех почв характерны включения строительного и бытового мусора в верхних горизонтах. В качестве почвообразующей породы выступают насыпные, перемешанные грунты, или культурный слой. Под щебеночными, асфальтобетонными покрытиями формируются экраноземы.

На территории «Белорусского вокзала» и «Трех вокзалов» (площадь 35,8 га и 111 га соответственно) в октябре-ноябре 2010 и августе-сентябре 2011 г. проводился отбор почвенных проб (растительную подстилку в анализ не включали). Также отбирались пробы почв на «фоновых» территориях - участках, прилегающих к изучаемым железнодорожным объектам и расположенных на различном удалении от них. В Пресненском р-не было отобрано 48 почвенных образцов (38 образцов в октябре-ноябре 2010 года, 7 образцов в августе –сентябре 2011 г.– на территории «Белорусского вокзала», 3 образца – на «фоновой» территории), в Красносельском – 73 (70 образцов – на территории «Трех вокзалов», 3 образца – на соответствующей «фоновой» территории).

Пробоотбор почв проводился ручным буром голландской компании Eijkelkamp с площадок 1м x 1м методом «конверта», глубина отбора составляла 0-10 см (ГОСТ 17.4.3.01-83. Охрана природы. Общие требования к отбору проб; ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа).

Критерии для выбора мест при заложении пробных площадок - равномерность распределения по территориям железнодорожного объекта, различная удаленность от железнодорожного полотна («Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель», 1996). Отбору проб через определенный «шаг» по линиям, идущим перпендикулярно железнодорожному полотну, препятствовала фрагментарная запечатанность почвенного покрова.

Кроме того, на отдельных пробных площадках измерялась магнитная восприимчивость почв прибором КАРРАМЕТЕР Model КТ – 5 (13-ти кратная повторность), свидетельствующая о техногенном загрязнении почв (Гладышева, Иванов, Строганова, 2007).

В лабораторных условиях по общепринятым методикам были определены следующие свойства почв: рН водной суспензии и рН солевой суспензии (потенциометрически стеклянным электродом), валовое содержание гумуса (спектрофотометрическим методом определения углерода органических соединений по Тюрину в модификации Никитина), содержание подвижного фосфора – спектрофотометрическим методом в вытяжке по Кирсанову, и содержание обменного калия в этой же вытяжке – методом эмиссионной фотометрии пламени; плотность сложения поверхностных горизонтов почв (Аринушкина, 1970; Орлов, Гришина, 1981; «Практикум по агрохимии», 2001; Вадюнина, Корчагина, 1986).

Кроме того, все образцы были проанализированы в сертифицированной лаборатории на общее содержание нефтепродуктов, бенз(а)пирена, а также мышьяка и тяжелых металлов (Pb, Cd, Zn, Cu, Hg, Ni, Mn) в 1н. HNO₃ («Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства», 1992; Пиковский, 1998; «Практикум по инструментальным методам анализа вещества в ландшафтно-геохимических исследованиях», 1991).

Статистическая обработка результатов исследований проводилась в программах MS Excel 2010, Statistica (версия 6.0). Для подготовки картографического материала использовались программные пакеты Surfer Golden Software (версия 10.0.), Adobe Photoshop (версия 9.0).

При этом достоверность различий между значениями показателей свойств почв железнодорожных объектов и почв «фоновых» территорий оценивалась при помощи t-критерия (распределения Стьюдента), а выделение зон преимущественной аккумуляции загрязняющих веществ и повышенных значений магнитной восприимчивости почв в пределах каждого железнодорожного объекта проводилось при помощи F-теста (распределение Фишера) – Дмитриев, (2009).

3. Физические, физико-химические и химические свойства почв железнодорожных объектов ЦАО города Москвы.

3.1. Физические свойства почв

3.1.1. Плотность почв.

Результаты измерения плотности верхнего слоя (0-10 см) почв свидетельствуют о том, что практически их переуплотнение отсутствует (переуплотненными считаются почвы, плотность сложения которых выше 1,2 г/см³) (Смагин, Шоба, Макаров, 2008). Расчет t-критерия показал достоверность различий между почвами «Трех вокзалов» и соответствующей фоновой территории по показателю плотности сложения. Для «Белорусского вокзала» такая закономерность не установлена.

Табл. 1. Статистические характеристики плотности почв железнодорожных объектов и фоновых территорий.

Характеристика	ж/о «Белорусский вокзал»		ж/о «Три вокзала»	
	Объект	Фон	Объект	Фон
Объем выборки	9	3	19	3
Минимальное значение, г/см ³	0,58	0,67	0,35	0,45
Максимальное значение, г/см ³	1,27	1,07	1,46	0,81
Среднее арифметическое значение, г/см ³	0,98	0,85	0,96	0,65
Медиана, г/см ³	1,09	0,82	1,04	0,70
Дисперсия, г ² /см ⁶	0,05	0,04	0,06	0,03
Стандартное отклонение г/см ³	0,22	0,20	0,25	0,18

3.1.2 Магнитная восприимчивость почв

Результаты измерения МВ почв исследуемых железнодорожных объектов, представленные в табл. 2, свидетельствуют о высоком варьировании показателей содержания магнитных оксидов железа в пределах каждого из объектов.

Табл. 2. Объемная магнитная восприимчивость почв железнодорожных объектов и «фоновых» территорий

Характеристика	Магнитная восприимчивость 10^{-3} СИ			
	«Белорусский вокзал»	«Белорусский вокзал» «Фон»	«3 вокзала»	«3 вокзала» «Фон»
Объем выборки	28	3	31	3
Минимальное значение, 10^{-3} СИ	0,56	0,31	0,18	0,16
Максимальное значение, 10^{-3} СИ	17,15	0,61	72,98	0,38
Среднее арифметическое значение, 10^{-3} СИ	4,58	0,47	6,56	0,24
Медиана, 10^{-3} СИ	3,08	0,51	2,71	0,18
Дисперсия, 10^{-6} СИ	15,01	0,023	213,221	0,014
Стандартное отклонение 10^{-3} СИ	3,87	0,15	14,60	0,12

Однако, несмотря на это варьирование, средние значения магнитной восприимчивости почв «Белорусского вокзала» и «Трех вокзалов» являются сопоставимыми величинами и соответствуют градации «ареал техногенный сильнонагруженный» (Гладышева, 2007). Средние величины показателя МВ для «фоновых» территорий обоих железнодорожных объектов невелики, достаточно близки между собой и относятся к градации «ареал техногенных ненагруженный» ($\bar{x}_{\text{ср}} < 0,46 \cdot 10^{-3}$ СИ). Использование t-критерия (распределение Стьюдента) показывает статистически значимое превышение содержания магнитных оксидов железа в почвах железнодорожных объектов по сравнению с соответствующими «фоновыми» территориями с уровнем значимости 0,05.

Кроме того, применение F-теста (распределение Фишера) выявляет достоверное увеличение магнитной восприимчивости в непосредственной близости от железнодорожного пути – в зоне 0-10 м для железнодорожного объекта «Белорусский вокзал» и в зоне 0-8 м для объекта «Три вокзала» (рис. 5).

Таким образом, почвы исследуемых железнодорожных объектов ЦАО города Москвы подвергаются существенной техногенной нагрузке и значимо отличаются от почв прилегающих территорий, условно обозначенных «фоновыми», по своей магнитной восприимчивости. Указанная нагрузка складывается из «общегородской», характерной для всех функциональных зон мегаполиса, и «специфической», о чем также свидетельствуют локализации магнитных оксидов железа в почвах вблизи железнодорожного полотна.

3.2. Общие физико-химические и химические свойства почв.

Результаты статистического анализа показателей физико-химических и химических свойств почв железнодорожных объектов приведены в табл. 3.

3.2.2. Водная и солевая кислотность почв.

Почвы и почвоподобные тела обоих железнодорожных объектов характеризуются в основном нейтральной и слабощелочной реакцией среды (на территории «Трех вокзалов» обнаружено несколько пробных площадок со слабокислой реакцией), что является типичным для городских территорий.

Известно, что нейтральная и даже щелочная реакция среды характерны для городских почв, подверженных аэрогенному влиянию строительных материалов (цемент, известь, алебастр), противогололедных материалов, золы и т.д. Закономерного изменения значения водной и солевой кислотности почв, расположенных на различных железнодорожных объектах города Москвы, а также в зависимости от расстояния от железнодорожного полотна, не обнаруживается.

3.2.3. Содержание органического углерода.

В целом содержание С орг. в почвах железнодорожных объектов невелико, существенно ниже нормативных показателей почвогрунтов, применяемых при проведении работ по благоустройству города Москвы (4-15%), и варьирует на территории «Белорусского вокзала» в пределах от 0,86% до 1,78%, а на территории «Трех вокзалов» - от 1,15% до 2,96%.

3.2.4. Содержание обменного калия.

Обеспеченность обменным калием почв исследуемых объектов колеблется от очень низкой (<4 мг/100г) до очень высокой (>25 мг/100г), при этом среднее значение содержания обменного калия в почвах «Трех вокзалов» выше, чем в почвах «Белорусского вокзала». В целом, высокая концентрация калия может быть связана с применением антигололедных средств на территории железнодорожных объектов, в составе которых содержатся калий.

3.2.5 Содержание подвижного фосфора.

В целом, почвы и почвоподобные тела ж/д объектов «Белорусский вокзал» и «Три вокзала» характеризуется очень высокой обеспеченностью подвижным фосфором (средние значения составляют соответственно 43,75 мг/100г и 51,35 мг/100г). Присутствие повышенных концентраций фосфора в почвах также может быть вызвано использованием противогололедных материалов на железнодорожных путях, промышленным загрязнением, воздействием бытового мусора и другими причинами.

Недостаток доступного для питания растений фосфора является негативным фактором, угнетающим развитие растительности, однако, очень высокий уровень фосфора в почвах превращает его из элемента питания для растений в элемент-токсикант.

3.3. Содержание загрязняющих веществ в почвах.

Результаты измерения содержания загрязняющих веществ в почвах «Белорусского вокзала», представленные в таблице 4, выявляют повышенные (более ПДК) концентрации токсических веществ – бенз(а)пирена, нефтепродуктов, мышьяка, меди, цинка, кадмия, свинца и никеля. Содержание тяжелых металлов ртути и марганца во всех почвенных пробах оказалось существенно ниже санитарно-гигиенического норматива.

Табл. 3. Статистические характеристики показателей физико-химических и химических свойств в почвах ж/д объектов

Характеристика	pH водн	pH _{kcl}	K ₂ O мг/100г почвы	P ₂ O ₅ мг/100г почвы	Сорг, %
ж/д объект «Белорусский вокзал»					
Объем выборки	25				
Среднее	7,54	7,21	17,85	43,75	1,19
Дисперсия	0,24	0,23	238,02	1567,02	0,06
Ошибка Среднего	0,09	0,04	3,09	7,92	0,05
Коэффициент вариации	6,45	3,24	8,41	90,49	20,39
ж/д объект «Три вокзала»					
Объем выборки	22				
Среднее	7,82	7,2	26,93	51,35	2,35
Дисперсия	0,47	0,14	593,59	4101,6	0,30
Ошибка Среднего	0,15	0,08	5,19	13,65	0,12
Коэффициент вариации	8,75	5,21	90,48	124,73	23,47

При этом самые значительные уровни загрязнения - 4-й (высокий) и 5-й (очень высокий) - были обнаружены для бенз(а)пирена, нефтепродуктов и свинца. Средние величины содержания токсикантов в почвах соответствуют 1-му (допустимому) уровню загрязнения для нефтепродуктов, ртути, никеля и марганца, 2-му (низкому) уровню загрязнения для мышьяка, меди, цинка, свинца и кадмия, 5-му (очень высокому) – для бенз(а)пирена (рис. 3).

Определение концентрации токсических веществ в почвах железнодорожного объекта «Три вокзала» выявило схожие с «Белорусским вокзалом» закономерности: повышенное содержание бенз(а)пирена, мышьяка, меди, цинка, свинца и кадмия и, в среднем, соответствующее 1-му (допустимому) уровню загрязнения содержание нефтепродуктов, ртути, никеля и марганца (табл. 5, рис. 4).

Табл. 4. Статистические характеристики содержания загрязняющих веществ в почвах ж/д объекта «Белорусский вокзал»

Характеристика	Загрязняющие вещества									
	Нефтепродукты	Бенз(а)-пирен	As	Hg	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	Mn
Объем выборки	38									
Минимальное значение, мг/кг	25	0,0062	2,24	0,01	13,95	42,75	8	0,15	3,94	40,75
Максимальное значение, мг/кг	5049,00	11,89	11,46	0,62	657,25	792,25	654,5	1,34	97,00	611,25
Среднее арифметическое значение, мг/кг	851,03	0,57	4,97	0,18	67,02	200,11	84,96	0,52	13,10	234,84
Медиана, мг/кг	169,50	0,18	4,65	0,14	38,38	152,88	41,88	0,46	9,62	209,88
Дисперсия, мг ² /кг ²	2094460,42	3,62	3,82	0,025	11616,52	27220,32	14016,06	0,08	254,48	12405,75
Стандартное отклонение, мг/кг	1447,23	1,90	1,95	0,16	107,78	164,99	118,39	0,27	15,95	111,38

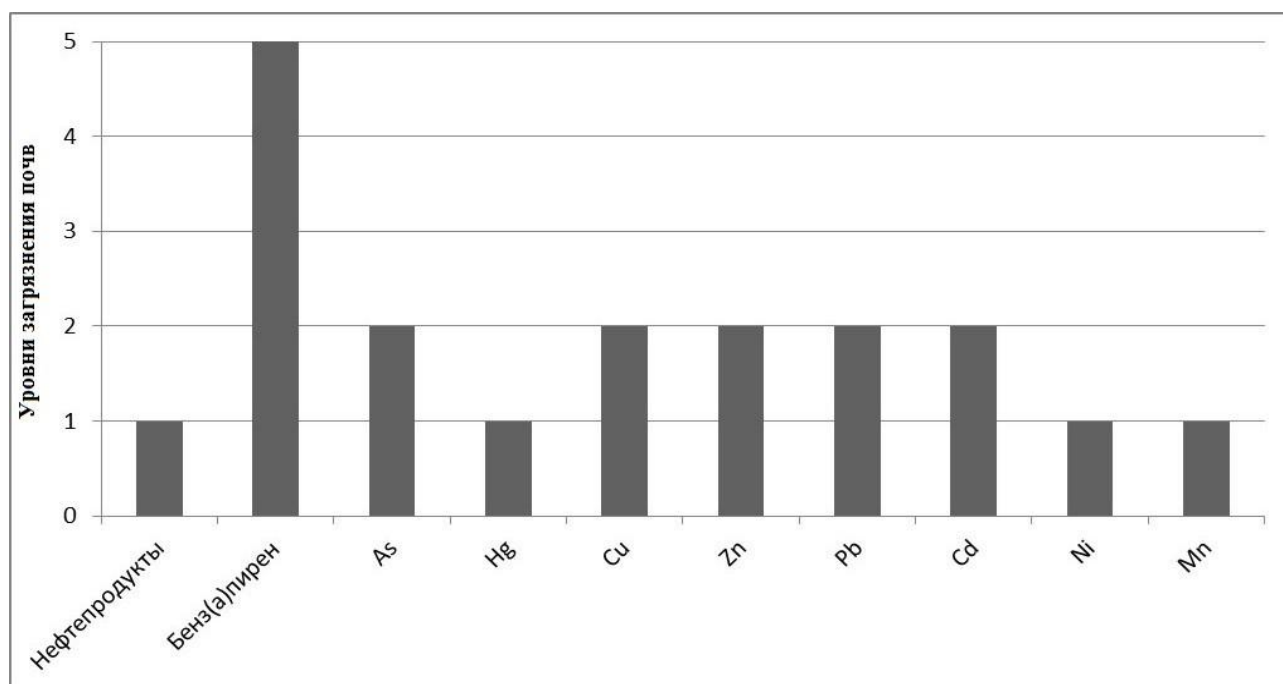


Рис. 3. Уровни загрязнения почв ж/д объекта «Белорусский вокзал», рассчитанные по средним значениям содержания загрязняющих веществ («Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель», 1996)

Табл. 5 Статистические характеристики содержания загрязняющих веществ в почвах ж/д объекта «3 вокзала»

Характеристика	Загрязняющие вещества									
	Нефтепродукты	Бенз(а)-пирен	As	Hg	Cu	Zn	Pb	Cd	Ni	Mn
Объем выборки	70									
Минимальное значение, мг/кг	25,0	0,03	2,06	0,01	9,75	15,50	6,25	0,11	3,33	77,50
Максимальное значение, мг/кг	3630,0	3,89	11,28	0,92	1562,50	610,00	322,75	6,26	100,00	810,00
Среднее арифметическое значение, мг/кг	551,2	0,47	5,46	0,21	90,17	190,86	73,95	0,72	13,99	245,76
Медиана, мг/кг	265,4	0,25	4,94	0,14	48,63	175,00	55,50	0,48	11,12	231,25
Дисперсия, мг ² /кг ²	500711,3	0,42	4,00	0,04	36354,02	13115,47	3992,49	0,74	151,18	11085,3
Стандартное отклонение, мг/кг	707,6	0,65	2,00	0,19	190,67	114,52	63,19	0,86	12,30	105,29

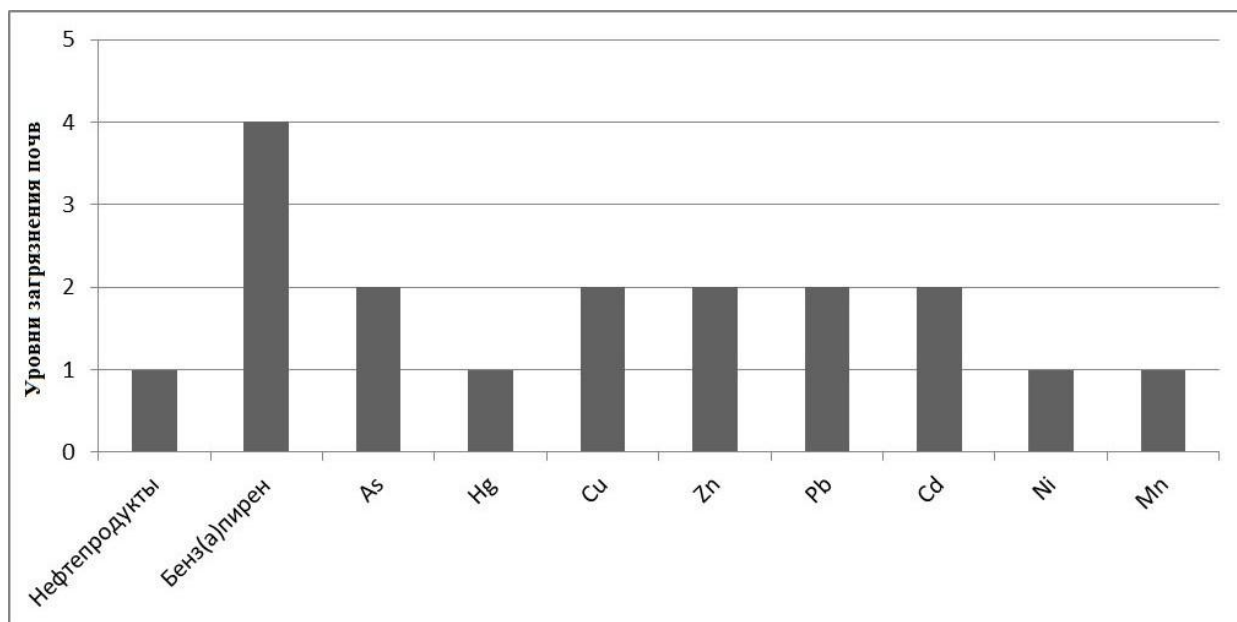


Рис. 4. Уровни загрязнения почв ж/д объекта «3 вокзала», рассчитанные по средним значениям содержания загрязняющих веществ

Величины содержания загрязнителей в почвах обоих железнодорожных объектов сопоставлялись со сведениями о загрязненности почв прилегающих к этим объектам территорий – табл. 6, 7. Результаты этого сопоставления, приведенные в табл. 8, показывают статистически достоверные различия почв железнодорожных объектов и «фоновых» территорий по содержанию целого ряда загрязняющих

веществ. Так, почвы «Белорусского вокзала» достоверно отличаются от исследуемых фоновых почв повышенным содержанием свинца и мышьяка, а почвы «Трех вокзалов» содержат значительно больше нефтепродуктов, бенз(а)пирена, цинка, меди, кадмия и мышьяка, чем соответствующие «фоновые» почвы (табл. 8).

Табл. 6. Статистические характеристики содержания загрязняющих веществ в фоновых почвах, расположенных вблизи объекта «Белорусский вокзал»

Характеристика	Загрязняющие вещества						
	Нефтепродукты	Бенз(а)-пирен	As	Cu	Zn	Pb	Cd
Объем выборки	3						
Минимальное значение, мг/кг	200	0,004	0,30	14,3	51	17	0,2
Максимальное значение, мг/кг	2600	0,032	0,90	76	210	52,6	3,8
Среднее арифметическое значение, мг/кг	1133,3	0,016	0,48	35,3	115,7	37,0	1,4
Медиана, мг/кг	86,0	0,0120	0,4	15,6	86,0	41,5	0,2
Дисперсия, мг ² /кг ²	6980,33	0,0002	0,10	1242,79	6980,33	331,80	4,38
Стандартное отклонение, мг/кг	83,55	0,0144	0,32	35,25	83,55	18,216	2,09

Табл. 7 Статистические характеристики содержания загрязняющих веществ в фоновых почвах, расположенных вблизи объекта «3 вокзала»

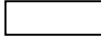
Характеристика	Загрязняющие вещества						
	Нефтепродукты	Бенз(а)-пирен	As	Cu	Zn	Pb	Cd
Объем выборки	3						
Минимальное значение, мг/кг	100,00	<0,001	0,20	11,00	19,00	6,40	0,20
Максимальное значение, мг/кг	400,00	0,0100	1,00	40,00	94,00	185,00	0,40
Среднее арифметическое значение, мг/кг	233,33	0,0050	0,55	27,17	64,67	90,13	0,30
Медиана, мг/кг	200,00	0,0050	0,41	30,50	81,00	79,00	0,25
Дисперсия, мг ² /кг ²	23333,33	0,0000	0,17	218,58	1606,33	8067,45	0,01
Стандартное отклонение, мг/кг	152,75	0,0050	0,42	14,78	40,08	89,82	0,09

Табл. 8. Значимость различий в содержании магнитных оксидов железа и токсикантов в почвах железнодорожных объектов и соответствующих «фоновых» территорий (по результатам расчета t-критерия, уровень значимости 0,05).

Показатель	Железнодорожный объект	
	«Белорусский вокзал»	«3 вокзала»
Магнитная восприимчивость		
Нефтепродукты		
Бенз(а)пирен		
Цинк		
Медь		
Кадмий		
Свинец		
Мышьяк		

Примечание:

 - различие статистически достоверно (значение t-критерия выше табличной величины критических значений статистики Стьюдента)

 - различие статистически не достоверно (значение t-критерия ниже табличной величины критических значений статистики Стьюдента)

В пределах «Белорусского вокзала» и «Трех вокзалов» выделяются зоны (локализации) повышенной/пониженной концентрации загрязняющих веществ относительно удаленности от железнодорожного полотна (измерялось расстояние от площадки пробоотбора почв до ближайшего полотна) – рис. 5.

Установлены относительные накопления нефтепродуктов, бенз(а)пирена, свинца и меди в почвах зоны 0-12 м для «Белорусского вокзала» (рис. 5а). Повышенное содержание цинка обнаружено в зоне 25-56 м. По содержанию кадмия, мышьяка не выделяются статистически значимо различающиеся зоны повышенных/пониженных значений. Кроме того, определена зона повышенного содержания нефтепродуктов не только вблизи железнодорожного полотна, но и на максимальном (47-56 м) для данного объекта удалении.

В почвах «Трех вокзалов» локализации повышенной концентрации загрязняющих веществ (нефтепродуктов, бенз(а)пирена, меди, кадмия) приурочены к участкам, непосредственно прилегающим к железнодорожному полотну (рис. 5б). По содержанию цинка, свинца и мышьяка территория объекта не дифференцирована.

Несмотря на высокое варьирование показателей магнитной восприимчивости почв в пределах каждого из железнодорожных объектов (табл. 6), средние значения этих показателей являются сопоставимыми величинами. Отмечается статистически значимое превышение содержания магнитных оксидов железа в почвах железнодорожных объектов по сравнению с соответствующими «фоновыми» территориями (табл. 7). Обнаружено достоверное увеличение магнитной восприимчивости в непосредственной близости от железнодорожного пути – в зоне 0-10 м для железнодорожного объекта «Белорусский вокзал» и в зоне 0-8 м для объекта «Три вокзала» (рис. 4).

4. Определение интегральных показателей экологического состояния почв

4.1. Расчет суммарного показателя загрязнения почв (Z_c)

На основе полученных результатов измерения содержания загрязняющих веществ в почвах железнодорожных объектов проводился расчет суммарного показателя загрязнения почв Z_c по формуле (1):

$$Z_c = K_{c1} + \dots + K_{ci} + \dots + K_{cn} - (n-1) \quad (1),$$

где n – число определяемых загрязняющих веществ;

K_{ci} – коэффициент концентрации i -го загрязняющего вещества, равный кратности превышения содержания данного вещества над фоновым значением (для расчета используются только сведения о содержании тяжелых металлов).

В качестве величин фонового и предельно допустимого содержания загрязняющих веществ в почвах, уровней загрязнения использовали значения, приведенные в федеральных нормативно-методических документах («Порядок определения размера ущерба от загрязнения земель химическими веществами», 1996).

Величина суммарного показателя загрязнения почв Z_c для «Белорусского вокзала» варьирует от допустимой (<16) до чрезвычайно опасной категории (>128), составляя в среднем 42 (рис. 6), что соответствует категории «опасная».

Средняя величина суммарного показателя загрязнения почв Z_c «Трех вокзалов» составляет 48, что так же, как и в случае с «Белорусским вокзалом», соответствует опасной категории.

Расчет критерия Стьюдента показал, что по величине Z_c почвы «Трех вокзалов» достоверно отличаются от почв соответствующей фоновой территории. Для почв ж/д объекта «Белорусский вокзал» таких закономерностей не установлено.

Кроме того, для объекта «Три вокзала» была установлена локализация повышенных значений суммарного показателя загрязнения почв Z_c в зоне 0-9 м от края железнодорожного полотна. Дифференциация внутри объекта «Белорусский вокзал» по величине Z_c не была обнаружена.

4.2. Расчет показателя потери экологического качества (ППЭК) почв

Расчет ППЭК почв ж/д объектов проводился по формуле (2):

$$ППЭК_{почв} = Pd + \frac{\sum_{i=1}^n (Pd n_i)}{\left[\sum_{i=1}^n (Pd n_i) + n \right]}, \quad (2),$$

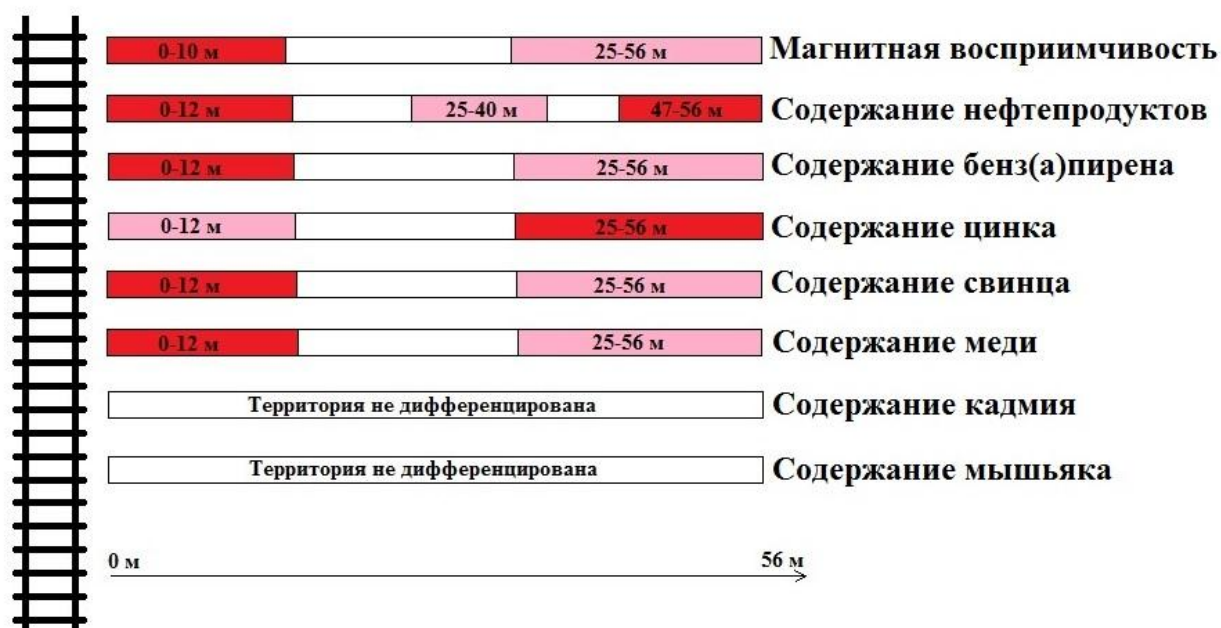
где ППЭК – величина показателя потери экологического качества почв,

Pd – значение доминирующего параметра качества почв,

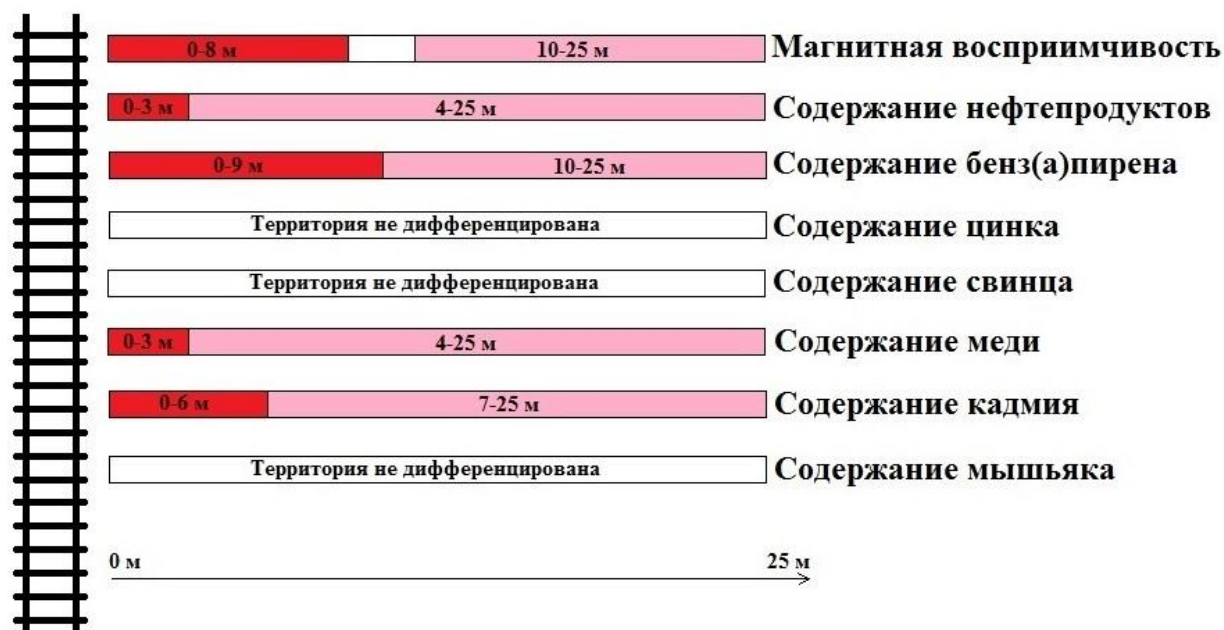
$Pd n_i$ – значение дополнительного параметра качества почв,

n – число дополнительных параметров.

ППЭК почв основан на пятиуровневой шкале потери экологического качества ОПС («Временная методика...», 1999), которая выведена с учетом уравнения Ричардса, описывающего логистическую форму зависимости между качеством экосистемы и нагрузкой на нее. Данный подход подробно рассмотрен в коллективных монографиях и специальных исследованиях, посвященных оценке экологического состояния почв и окружающей природной среды в целом («Оценка экологического...», 2000; Макаров, 2002). В соответствии с этими работами, почвы, обладающие благоприятным состоянием (1-й и 2-й уровни потери экологического качества), осуществляют устойчивое функционирование в наземных экосистемах.



а) «Белорусский вокзал»



б) «3 вокзала»

Рис. 5. Статистически обоснованное выделение зон по значению показателя удаленности почвы от железнодорожного полотна (по результатам расчета F-теста).

- зона повышенного содержания загрязняющих веществ и/или магнитных оксидов железа;

- зона пониженного содержания загрязняющих веществ и/или магнитных оксидов железа

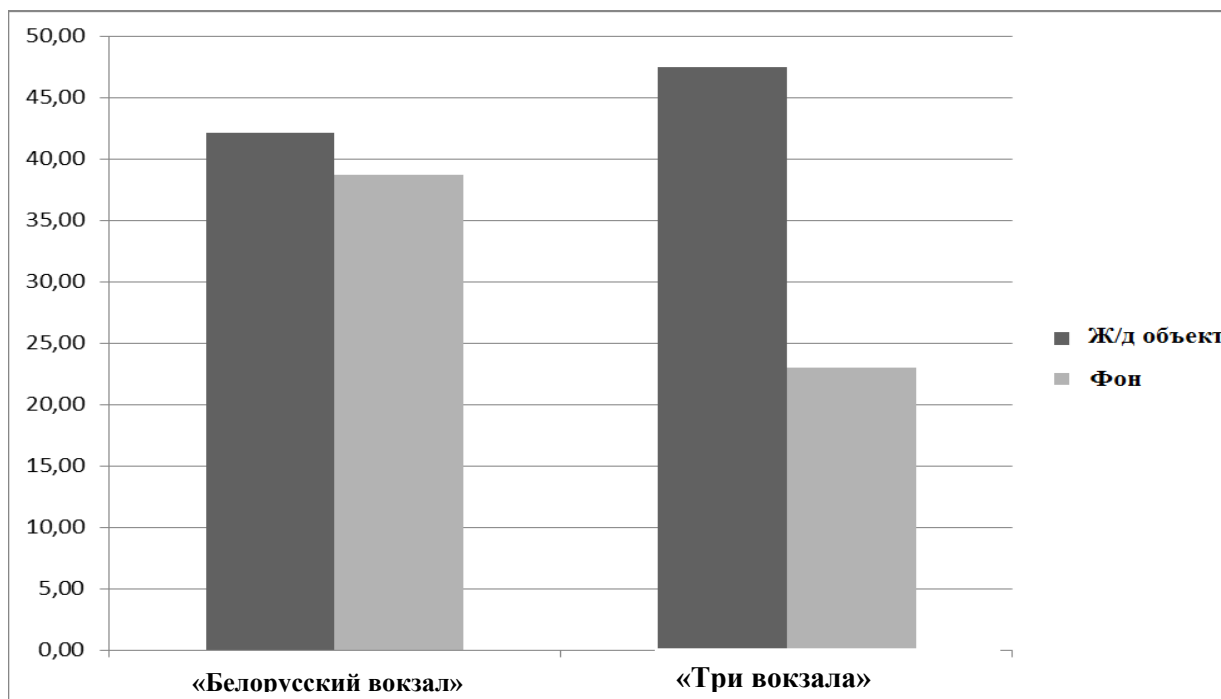


Рис. 6. Средние значения величины Z_s для железнодорожных объектов и контрольных территорий

В качестве доминирующего и дополнительных показателей качества почв использовались уровни загрязнения и степени деградации почв («Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель», 1996).

Результаты определения уровня загрязнения почв ж/д объектов приведены в разделе 3.3. (рис. 3, 4).

В соответствии с этими Методическими рекомендациями при определении степени деградации почв по пятибалльной шкале свойства изучаемой почвы сопоставляются со свойствами недеградированной, «эталонной» почвы (недеградированного аналога). Чем значительнее указанное различие, тем выше степень деградации почв.

При выработке эталонных значений свойств почв железнодорожных объектов выступали нормативные величины сертифицированных почвогрунтов, установленные постановлением Правительства Москвы № 514-ПП от 27 июля 2004 «О повышении качества почвогрунтов в городе Москве» (в ред. ППМ № 594-ПП от 9 августа 2005).

Степень деградации почв железнодорожных объектов рассчитывалась по следующим показателям (рис. 7, 8):

1. Уменьшение содержания гумуса, % от эталона;
2. Изменение содержания подвижного фосфора, % от эталона;
3. Изменение содержания обменного калия в % от эталона;
4. Увеличение кислотности, % от эталона.

Результаты расчета величины ППЭК почв обоих железнодорожных объектов, приведенные на рис. 9, 10, позволяют сделать следующие заключения:

1. Уровни потери экологического качества почв варьируют от 4-го (высокого) до 5-го (катастрофического), что свидетельствует о крайне неблагоприятной экологической обстановке на территории железнодорожного объекта: почвы и почвоподобные тела «Белорусского вокзала» и «Трех вокзалов» не могут выполнять свои экологические функции в исследуемых урбоэкосистемах и представляют опасность для работников этого объекта и, возможно, - для пассажиров и жителей прилегающих селитебных зон.

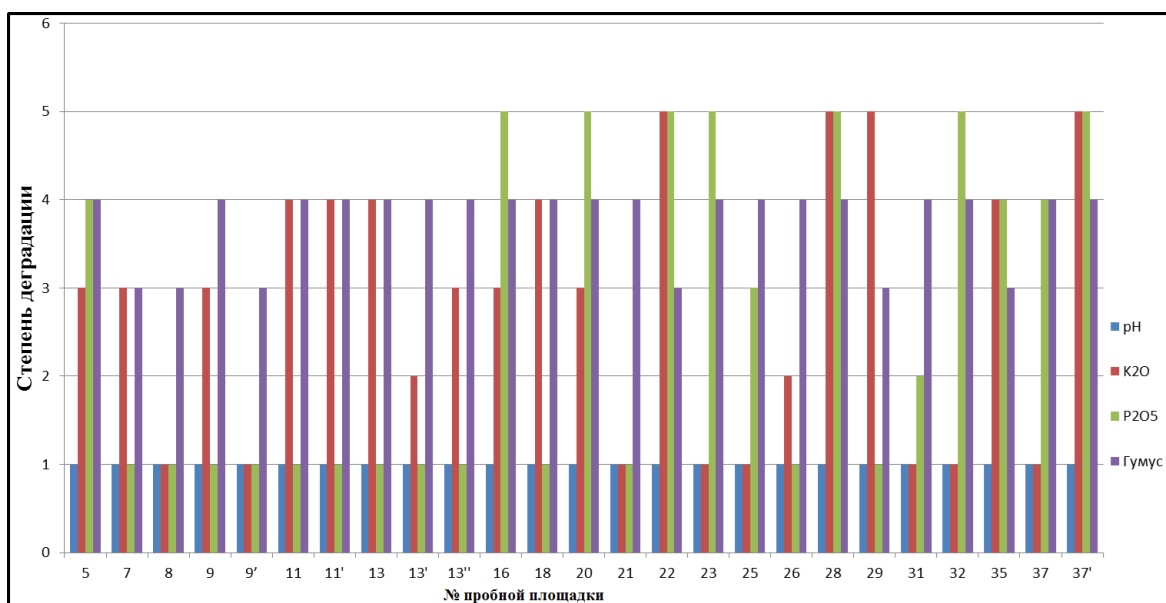


Рис. 7. Диаграмма степеней деградации почв пробных площадок ж/д объекта «Белорусский вокзал»

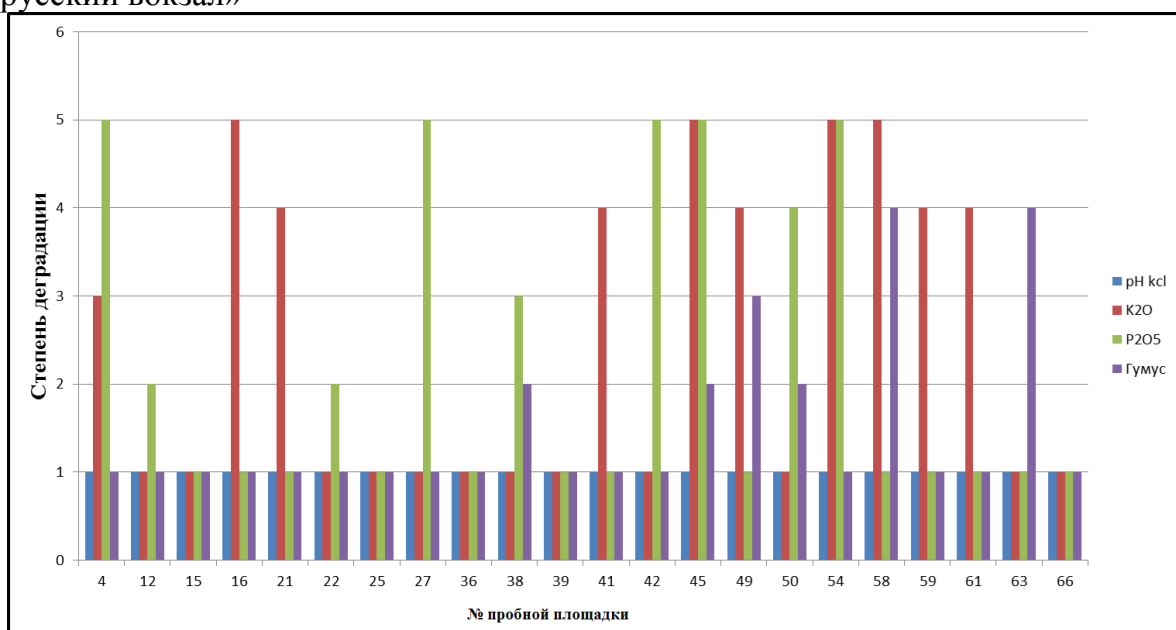


Рис. 8. Диаграмма степеней деградации почв пробных площадок ж/д объекта «3 вокзала»

2. В формирование высоких значений значения ППЭК почв приблизительно равный вклад вносят и показатели загрязнения целым рядом токсических веществ (в первую очередь, бенз(а)пиреном и нефтепродуктами), и показатели деградации (например, крайне низкое содержание доступного фосфора, обменного калия, органического углерода).

3. Почвы «Белорусского вокзала» и «Трех вокзалов» по значению ППЭК менее дифференцированы, чем по величине суммарного показателя загрязнения, что, с одной стороны, может быть связано с тем, что при расчете Zс не учитываются показатели деградации почв, а, с другой стороны, отражает способ определения ППЭК через лимитирующие факторы (в отличие от Zс, где происходит «усреднение» показателей состояния почв).

4. Закономерного изменения величины ППЭК почв обоих железнодорожных объектов по мере удаления от края железнодорожного полотна не обнаружено.

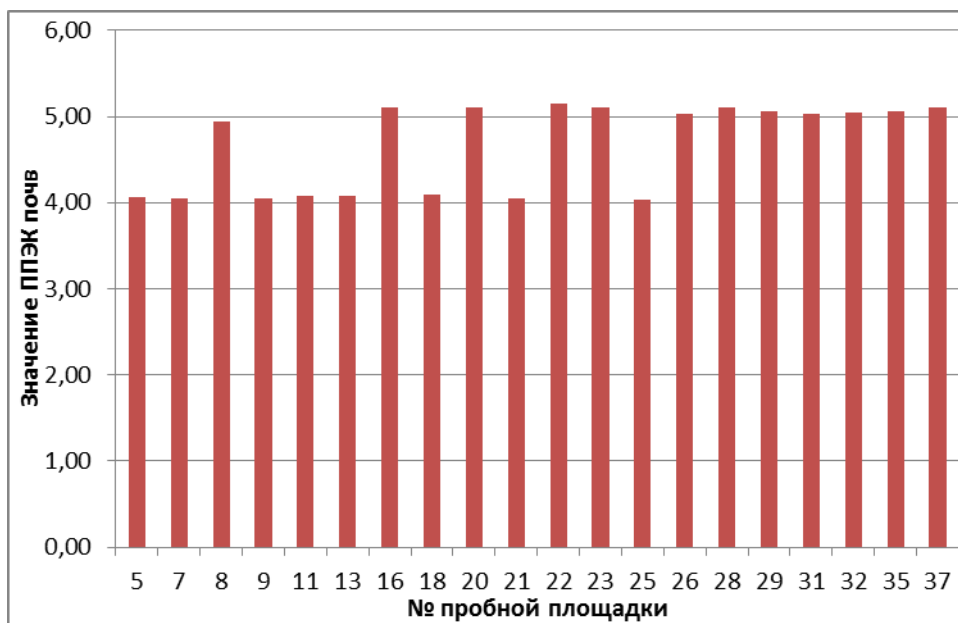


Рис. 9. Диаграмма величин ППЭК почв пробных площадок ж/д объекта «Белорусский вокзал»

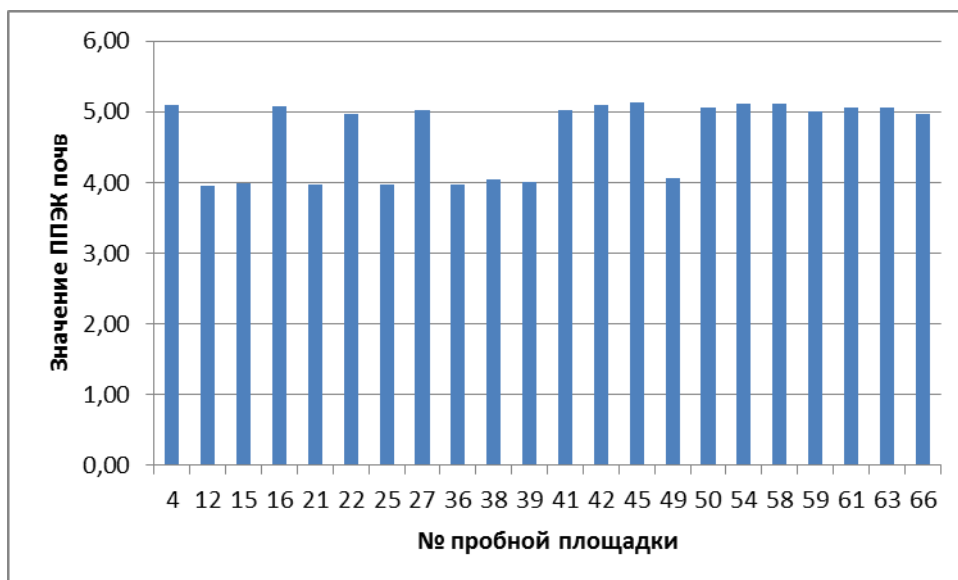


Рис. 10. Диаграмма величин ППЭК почв пробных площадок ж/д объекта «Три вокзала»

5. Сопоставление техногенной измененности почв «Белорусского вокзала» и «Трех вокзалов».

Характерной особенностью экологической обстановки на территории железнодорожных объектов «Белорусский вокзал» и «Три вокзала» является наличие огромного количества источников техногенного воздействия на эту обстановку, расположенных как в пределах, так и за пределами объектов. К числу первых относятся – движение железнодорожных составов различного назначения (пассажирских, товарных, технических), деятельность элементов инфраструктуры (вагоноремонтных депо, вагономоечных машин и т.д.). К числу вторых, прежде всего, относится влияние выбросов автомобильного транспорта, миграции загрязняющих веществ с сопредельных селитебных и промышленных зон, включая привнос бытового мусора.

Совместное воздействие указанных источников привело к тому, что средняя величина суммарного показателя загрязнения почв Z_c на территории обоих объектов соответствует категории «опасная» (рис. 6), характеризующей в соответствии с СанПиН 4266-87 «Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами» (1987) увеличением общей, в том числе детской, заболеваемости.

В тоже время достаточно высокие значения показателя Z_c рассчитаны и для почв участков, прилегающих к железнодорожным объектам (так называемым «фоновых» территорий) – рис. 6. Эти значения ниже аналогичных, определенных для почв железнодорожных объектов, однако статистические достоверные различия по величине суммарного показателя загрязнения почв обнаружены только между территорией «Трех вокзалов» и соответствующими «фоновыми» участками, тогда как общая загрязненность изучаемыми тяжелыми металлами почв «Белорусского вокзала» вполне сопоставима с загрязненностью почв прилегающих территорий (табл. 8). Подобная закономерность может быть связана с более высоким уровнем специфической техногенной нагрузки на территории «Трех вокзалов» по сравнению с «Белорусским вокзалом», о чем, например, свидетельствует значительная площадь первого объекта (превышающего площадь второго объекта более, чем в 3 раза) и существенное различие в количестве железнодорожных путей между объектами (10 путей для пассажирских поездов на «Белорусском вокзале», 26 путей - на «Трех вокзалах»).

Кроме того, значительная техногенная измененность почв «Трех вокзалов» по сравнению с «фоновыми» территориями подтверждается высокой магнитной восприимчивостью и содержанием отдельных загрязняющих веществ - нефтепродуктов, бенз(а)пирена, цинка, меди, кадмия и мышьяка. По сути, только по содержанию свинца почвы этого железнодорожного объекта не превосходят «фоновые» почвы. Почвы же «Белорусского вокзала» статистически достоверно отличаются от почв «фоновых» территорий в большую сторону лишь по содержанию магнитных оксидов железа, свинца и мышьяка (табл. 8). Таким образом, на общую высокую «техногенность» городских почв ЦАО накладывается неодинаковый уровень нагрузки, связанной с деятельностью железнодорожного объекта. На территории «Трех вокзалов» этот уровень выше, чем на «Белорусском вокзале», поэтому почвы первого объекта сильнее контрастируют с почвами «фоновых» территорий по показателям загрязненности, чем почвы второго объекта.

Различия между техногенной измененностью почв железнодорожных объектов проявляется и в пространственном перераспределении магнитных оксидов железа и токсикантов в пределах каждого из этих объектов. В целом, магнитная восприимчивость почв и содержание загрязняющих веществ в них вблизи железнодорожного полотна выше, чем на удалении от него (рис. 5), что подтверждает результаты ранее проведенных исследований (Каверина, 2004; Казанцев, 2008), однако степень «дифференцированности» почв придорожных полос по показателям химических свойств различна. Если на территории «Белорусского вокзала» выделяются зоны повышенного содержания некоторых токсикантов (нефтепродукты и цинк) не только рядом с железнодорожным полотном, но и на определенном расстоянии от него (рис. 5а), то для «Трех вокзалов» такой закономерности нет: там в большинстве случаев фиксируются локализации достаточно высокой концентрации магнитных оксидов железа, тяжелых металлов и нефтепродуктов в непосредственной близости от железнодорожного пути (зона 0-8 м).

6. Сравнительная оценка ущерба от загрязнения и деградации почв железнодорожных объектов.

Ухудшение качества почв и земель в результате загрязнения и деградации связано с утратой ими природной и/или хозяйственной ценности и, как следствие, превращает их в источник негативного воздействия на окружающую среду. В этой связи, расчет ущерба/вреда, причиненного почвам и землям, является актуальной экологической задачей, решение которой имеет важное социальное и экономическое значение.

При этом существует два принципиально различных способа исчисления размеров ущерба/вреда, нанесенного почвам и землям («Порядок определения...», 1993):

- 1) исходя из затрат на проведение полного объема работ по рекультивации земель - очистке загрязненных почв, восстановлению свойств деградированных земель, изъятию отходов с захламленных участков;
- 2) в случае невозможности оценить указанные затраты, размеры ущерба от загрязнения земель рассчитываются по формулам, учитывающим площадь, глубину и степень загрязнения, деградации и захламления, экономические характеристики исследуемого региона и т.д.; кроме того, в этих формулах используются специальные земельные таксы, назначаемые нормативным (приказным) путем.

На основе полученных сведений о загрязненности и деградированности почв ж/д объектов ЦАО города Москвы был проведен расчет экологического ущерба, нанесенного почвам, с применением следующих методик:

1. «Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами» (Утверждена Роскомземом 10 ноября 1993 г. и Минприродой РФ 18 ноября 1993 г.).
2. «Методика определения размеров ущерба от деградации почв и земель» (Утверждена приказом Роскомзема и Минприроды России от 17 июля 1994 г.).
3. «Методика исчисления размера ущерба, вызванного захламлением, загрязнением и деградацией земель на территории Москвы» (Утверждена Постановлением Правительства Москвы от 22 июля 2008 г. № 589-ПП).
4. «Методика исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды» (Утверждена приказом Минприроды России от 8 июля 2010 № 238).
5. Определение стоимости работ по восстановлению (очистке) загрязненных территорий железнодорожных объектов.

В ходе исследований рассчитывались величины так называемого удельного ущерба/вреда, то есть ущерба/вреда, отнесенного к единице площади – 1 м^2 , затем определялись средние арифметические величины для каждого железнодорожного объекта (такая же процедура осуществлялась и для определения стоимости работ по восстановлению почвенного покрова).

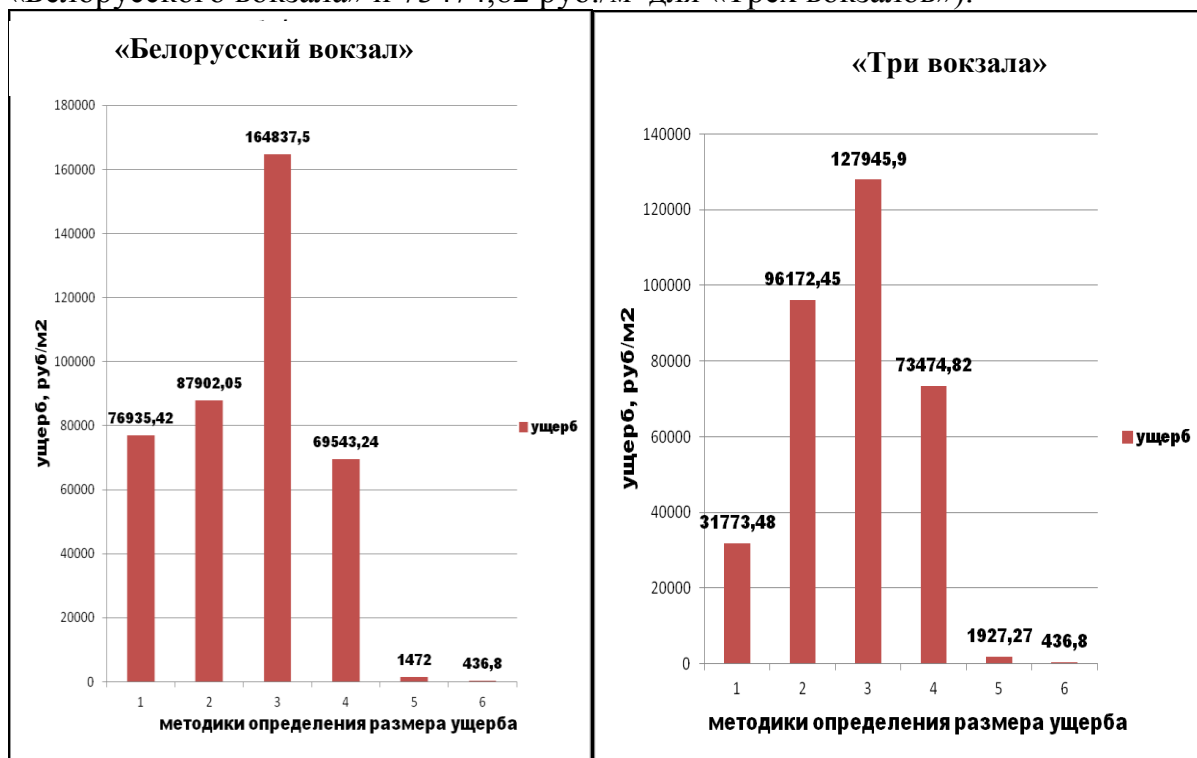
Анализ результатов расчета средних величин удельного ущерба/вреда, нанесенного почвам 2-х железнодорожных объектов города Москвы, а также средней стоимости работ по восстановлению почвенного покрова, отраженных на рис. 11, позволяет сделать следующие заключения:

- 1) максимальный размер удельного ущерба/вреда ($164837,5 \text{ руб./м}^2$ для «Белорусского вокзала», $127945,9 \text{ руб./м}^2$ для «Трех вокзалов») определяется при суммировании результатов, полученных при использовании федеральных методик «Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими

веществами» (Минприроды России, 1993) и «Методика определения размеров ущерба от деградации почв и земель» (Минприроды России, Роскомзем, 1994), что связано с высокой нормативной ценой, применяемой в формулах расчета, и одновременном учете и загрязнения, и деградации (это не предусмотрено в других методиках);

2) невысокие значения ущерба/вреда, полученные при использовании «Методики исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды» (2010) - 1472 руб./м² для «Белорусского вокзала» и 1927,27 руб./м² для «Трех вокзалов» -, наиболее близки к стоимости работ по восстановлению почв от их загрязнения и деградации (436,80 руб./м² для обоих железнодорожных объектов), что позволяет считать указанную методику наиболее приемлемой для использования в практике природопользования;

3) применение московской «Методики оценки размера вреда, причиненного окружающей среде в результате загрязнения, захламления, нарушения (в том числе запечатывания) и иного ухудшения качества городских почв» (2008) также как и в случае с федеральными методиками 1993 и 1994 годов привело к получению достаточно высоких результатов (размеры вреда - 69543,24руб. руб./м² для «Белорусского вокзала» и 73474,82 руб./м² для «Трех вокзалов»).



Примечание:

- 1- Величина ущерба, вычисленного с использованием «Порядка определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами» (Минприроды России, 1993);
- 2- Величина ущерба, вычисленного с использованием «Методики определения размеров ущерба от деградации почв и земель» (Минприроды России, Роскомзем, 1994);
- 3-Суммарный ущерб от загрязнения и деградации, рассчитанный с использованием методик 1 и 2;
- 4- Величина ущерба, вычисленного с использованием «Методики исчисления размера ущерба, вызванного захламлением, загрязнением и деградацией земель на территории Москвы» (Правительство Москвы, 2008)
- 5- Величина вреда, вычисленного с использованием «Методики исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды» (Минприроды России, 2010)
- 6-Стоимость работ по восстановлению территории железнодорожных объектов

Рис. 11. Средние величины удельного ущерба/вреда, нанесенного почвам железнодорожных объектов города Москвы

ВЫВОДЫ:

1. В существующих исследованиях показано, что достаточно крупные и длительное время действующие железнодорожные узлы оказывают воздействия на относительно большие прилегающие территории (до 550-1000 метров от железнодорожного полотна), выражающиеся в превышении существующих санитарно-гигиенических нормативов. Основными загрязняющими веществами в зонах влияния железнодорожного транспорта являются нефтепродукты и тяжелые металлы.

2. Хемоземы и техногенные поверхностные образования железнодорожных объектов «Белорусский вокзал» и «Три вокзала» ЦАО города Москвы характеризуются нейтральной и слабощелочной реакцией среды, повышенным содержанием обменного калия и подвижного фосфора, что является типичным для городских почв. Плотность сложения исследуемых почв близка к оптимальной, а содержание углерода крайне невелико и существенно ниже нормативных значений, установленных для почвогрунтов, применяемых в Москве для целей озеленения и благоустройства.

3. Средние значения магнитной восприимчивости почв «Белорусского вокзала» и «Трех вокзалов» соответствуют градации «ареал техногенный сильнонагруженный». При этом содержание оксидов железа в почвах железнодорожных объектов достоверно выше, чем в почвах соответствующих «фоновых» территорий. Распределение Фишера выявляет достоверное увеличение магнитной восприимчивости в непосредственной близости от железнодорожного пути – в зоне 0-10 м для железнодорожного объекта «Белорусский вокзал» и в зоне 0-8 м для объекта «Три вокзала».

4. В почвах обоих железнодорожных объектов установлено повышенное (более ПДК) содержание бенз(а)пирена, мышьяка, меди, цинка, свинца и кадмия. 4-й (высокий) и 5-й (очень высокий) уровни загрязнения отдельных пробных площадок были обнаружены для бенз(а)пирена, нефтепродуктов, свинца и меди.

5. Средняя величина суммарного показателя загрязнения почв Z_c «Белорусского вокзала» и «Трех вокзалов» соответствует категории «опасная». Применение критерия Стьюдента показало достоверность отличия по величине Z_c почв «Трех вокзалов» от почв соответствующей фоновой территории (для почв ж/д объекта «Белорусский вокзал» таких закономерностей не установлено).

Для объекта «Три вокзала» была установлена локализация повышенных значений суммарного показателя загрязнения почв Z_c в зоне 0-9 м от края железнодорожного полотна. Дифференциация внутри объекта «Белорусский вокзал» по величине Z_c не была обнаружена.

6. Уровни потери экологического качества почв обоих железнодорожных объектов варьируют от 4-го (высокого) до 5-го (катастрофического), что обусловлено высоким содержанием ряда токсических веществ (в первую очередь, бенз(а)пирена и нефтепродуктов), а также значительными показателями деградации (например, крайне низким содержанием доступного фосфора, обменного калия, органического углерода).

7. В целом, экологическое состояние почв, определяемое главным образом их магнитной восприимчивостью и содержанием загрязняющих веществ, вблизи железнодорожного полотна хуже, чем на удалении от него, однако степень «дифференцированности» почв придорожных полос по показателям химических свойств различна: на территории «Белорусского вокзала» выделяются зоны

повышенного содержания некоторых токсикантов (нефтепродукты и цинк) не только рядом с железнодорожным полотном, но и на определенном расстоянии от него; на территории «Трех вокзалов» в большинстве случаев фиксируются локализации достаточно высокой концентрации магнитных оксидов железа, тяжелых металлов и нефтепродуктов в непосредственной близости от железнодорожного пути (зона 0-8 м).

8. Почвы исследуемых железнодорожных объектов значительно отличаются от почв прилегающих территорий, условно обозначенных «фоновыми», по содержанию ряда тяжелых металлов, органических загрязнителей и магнитной восприимчивости.

9. Стоимость работ по очистке загрязненных почв железнодорожных объектов и проведению биологического этапа рекультивации ниже величин ущерба/вреда от загрязнения и деградации этого же почвенного покрова, рассчитанных в соответствии с основными российскими методиками.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ:

1. Макаров О.А., Кулачкова С.А., Васенев В.И., Макаров А.О. Критерии оценки качества почв для целей их последующей экологической сертификации//Материалы докладов Международной научно-практической конференции (с элементами научной школы для молодежи) «Экологическое нормирование, сертификация и паспортизация почв как научная основа рационального землепользования»; 30 сентября – 01 октября 2010. М.: МАКС Пресс, 2010. С. 18-19.
2. * Макаров О.А., Редько М.В., Макаров А.О. Опыт бонитировки почв, загрязненных тяжелыми металлами (на примере Московской области)// Проблемы агрохимии и экологии, 2012, №4, С.35 -41.
3. * Макаров А.О. Оценка загрязненности почв на территории железнодорожных объектов Москвы//Агрохимический вестник, 2013, №2. – С. 29-32.
4. * Макаров А.О., Яковлев А.С., Тощева Г.П., Иванов А.В. Магнитная восприимчивость почв железнодорожных объектов ЦАО города Москвы// Экология урбанизированных территорий, 2013, №2. - С. 71-73.
5. Бондаренко Е.В., Макаров А.О. Экологическое качество почв объекта железнодорожного транспорта Московского региона// Экологические проблемы Подмосковья. Сборник трудов конференции. М.: РАЕН, Международный университет природы, общества и человека «Дубна», 2013 –С. 87-91.
6. Макаров А.О. Загрязнение почв отдельных железнодорожных объектов города Москвы//Ломоносов-2013: XX Международная научная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых: Секция «Почвоведение»; 8-12 апреля 2013 г., Москва, МГУ имени М.В. Ломоносова, факультет почвоведения: Тезисы докладов. – С. 98-99.

Примечание: * отмечены работы в изданиях из списка ВАК.