



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра геоэкологии и природопользования полярных областей

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
Магистерская диссертация

На тему Оценка состояния загрязнения почв Санкт-Петербурга
тяжелыми металлами

Исполнитель Федченко Татьяна Михайловна
(фамилия, имя, отчество)

Руководитель д.б.н., проф.
(ученая степень, ученое звание)
Витковская Светлана Евгеньевна
(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой
(подпись)
профессор, кандидат географических наук
(ученая степень, ученое звание)
Макеев Вячеслав Михайлович
(фамилия, имя, отчество)

«19» июня 2016г.

Санкт-Петербург
2016



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра геоэкологии и природопользования полярных областей

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
Магистерская диссертация

На тему Оценка состояния загрязнения почв Санкт-Петербурга тяжёлыми металлами

Исполнитель Федченко Татьяна Михайловна

(фамилия, имя, отчество)

Руководитель

д.б.н., проф.

(ученая степень, ученое звание)

Витковская Светлана Евгеньевна

(фамилия, имя, отчество)

«К защите допускаю»

Заведующий кафедрой

(подпись)

профессор, кандидат географических наук

(ученая степень, ученое звание)

Макеев Вячеслав Михайлович

(фамилия, имя, отчество)

«__» _____ 20__ г.

Санкт-Петербург
2016

Содержание

Введение.....	4
ГЛАВА 1 Экологическое состояние почвенного покрова Санкт-Петербурга	6
1.1. Характеристика урбаноземов.....	6
1.2 Факторы, влияющие на экологическую обстановку в Санкт-Петербурге....	10
1.3 Источники и основные виды веществ, загрязняющих почвы Санкт-Петербурга	14
1.4 Тяжелые металлы, представляющие опасность для здоровья населения	18
1.5 Содержание тяжелых металлов в почвах Санкт-Петербурга	27
1.5.1 Содержание тяжелых металлов в почвах Адмиралтейского района.....	28
1.5.2 Содержание тяжелых металлов в почвах Василеостровского района	30
1.5.3 Содержание тяжелых металлов в почвах Выборгского района	32
1.5.4 Содержание тяжелых металлов в почвах Калининского района.....	33
1.5.5 Содержание тяжелых металлов в почвах Кировского района	35
1.5.6 Содержание тяжелых металлов в почвах Красногвардейского района	36
1.5.7 Содержание тяжелых металлов в почвах Кронштадтского района	38
1.5.8 Содержание тяжелых металлов в почвах Курортного района	39
1.5.9 Содержание тяжелых металлов в почвах Невского района	40
1.5.10 Содержание ТМ в почвах Пушкинского района	42
1.5.11 Содержание тяжелых металлов в почвах Петроградского района	44
1.5.12 Содержание тяжелых металлов в почвах Московского района.....	45
1.5.13 Содержание тяжелых металлов в почвах Петродворцового района	47
1.5.14 Содержание тяжелых металлов в почвах Приморского района	49
1.5.15 Содержание тяжелых металлов в почвах Фрунзенского района	51
1.5.16 Содержание тяжелых металлов в почвах Центрального района	52
ГЛАВА 2 Объекты и методы исследования.....	58
2.1 Характеристика Адмиралтейского района.....	58
2.2 Характеристика Колпинского района	61
2.2 Характеристика Пушкинского района.....	68
ГЛАВА 3 Оценка опасности загрязнения почв Санкт-Петербурга тяжелыми металлами.....	73
3.1 Методические подходы к оценке уровня загрязнения почв тяжелыми металлами.....	73
3.2 Содержание тяжелых металлов в почвах Адмиралтейского, Колпинского и Пушкинского районов Санкт-Петербурга.....	74
3.2.1 Содержание тяжелых металлов в почвах территории Адмиралтейского района	74
3.2.2 Содержание тяжелых металлов в почвах территории Колпинского района	77
3.2.3 Содержание тяжелых металлов в почвах территории Пушкинского района	81
3.3. Сравнительный анализ опасности уровней загрязнения почв тяжелыми металлами в административных районах города	85

3.4.Возможные мероприятия по снижению опасности загрязнения почв в мегаполисах	88
Заключение	92
Список использованной литературы:	94

Введение

В современных мегаполисах интенсивные потоки выбросов от стационарных источников и автотранспорта приводят к загрязнению атмосферного воздуха и почв тяжелыми металлами до опасных уровней концентраций. Превышения предельно допустимых концентраций ТМ в почвах наблюдаются в большинстве районов Санкт-Петербурга. Содержание ТМ в почвах урбанизированных территорий является индикатором, позволяющим оценивать влияние уровня загрязнения экосистемы на здоровье населения.

Исследования, направленные на анализ экологического состояния почвенного покрова мегаполиса, необходимы как для оценки текущего качества городской экосистемы, так и для прогноза его динамики. Анализ распределения геохимических показателей, полученных в результате апробирования почв по регулярной сетке, дает представление о пространственной структуре загрязнения городских территорий и позволяет выделить зоны риска для здоровья населения (Никитенко, 2007).

Почвенный покров города подвержен особой экологической опасности. Именно в нем происходит активное накопление загрязняющих веществ и их перенос в другие среды (воздух, растения, почвенная биота и грунтовые воды).

«Почва способна депонировать загрязняющие вещества, поступающие на ее поверхность с атмосферными осадками, аэрозольными выпадениями, бытовыми и производственными отходами. Накопившиеся в толще почвенного покрова загрязняющие вещества оказывают негативное воздействие на природную среду и представляют опасность для здоровья людей. В связи с этим существует необходимость анализа и оценки состояния почвенного покрова городов» (Джувеликян и др., 2009).

При исследовании состояния почв города основное внимание уделяется тяжелым металлам как индикаторам загрязнения городской среды. Приоритетное значение среди тяжелых металлов имеют ртуть, свинец и кадмий, обладающие высокой токсичностью и способностью накапливаться в организме при

длительном поступлении с пищевыми продуктами, а также обуславливать отдаленные последствия (мутагенные, канцерогенные).

Для оценки опасности загрязнения почв Санкт-Петербурга тяжелыми металлами предусматривается использовать такие показатели, как коэффициент опасности загрязнения (Кс) и суммарный коэффициент загрязнения (Zс) (Титова и др., 2004).

Цель данного исследования: оценка степени загрязнения почв г. Санкт-Петербург тяжелыми металлами (Zn, Pb, Cd) на примере урбаноземов Адмиралтейского, Колпинского и Пушкинского районов.

Задачи данного исследования:

1. проанализировать и обобщить литературные данные по тематике работы;
2. отобрать почвенные пробы в трех административных районах г. Санкт-Петербург;
3. подготовить к анализу почвенные пробы;
4. оценить степень загрязнения почв административных районов г. Санкт-Петербург;

Актуальность работы данного исследования состоит в том, что на сегодняшний день необходимо проводить исследования по определению степени загрязнённости почв территорий, подверженных антропогенному загрязнению, наблюдая за их воздействием на организм человека. Кроме того, проведение экологического мониторинга территорий города позволяет установить состояние окружающей среды, а также оценить процессы, возникающие в результате воздействия антропогенных факторов.

Личный вклад автора в проведенном исследовании составляет не менее 85 %. Автор анализировала и обобщала литературные данные, проводила отбор образцов почвы, лично проводила пробоподготовку и аналитические исследования почвенных проб.

ГЛАВА 1 Экологическое состояние почвенного покрова Санкт-Петербурга

1.1. Характеристика урбаноземов

«Процессы строительства и эксплуатации зданий и сооружений, работы по благоустройству города, производственная и хозяйственная деятельность человека в городах сопровождаются изменениями природных условий, преобразованием ландшафта местности (Котлов, 1967, Лаппо, 1997). В условиях современного промышленного города претерпевают значительные изменения все компоненты ландшафта: атмосфера (изменение газового состава, аномалии температур, осадков, скоростей и направлений ветра); гидросфера (загрязнение вод, изменение режима поверхностного и подземного стока, создание искусственных водоемов, бетонирование берегов, повышение уровня грунтовых вод за счет перекрытия фундаментами грунтовых потоков); рельеф (планирование поверхностей, застройка, в т.ч. высотная); почва; биота (резкое обеднение флоры и фауны)» (Природные ресурсы..., 1995).

Наиболее важным компонентом геосистемы, формирующейся в условиях урбанизации, является почва, испытывающая наиболее сильное влияние урбанистического пресса, за счет быстрого поглощения поллютантов и их медленной трансформации (Минкина, 2008).

Термины “городские почвы” и “почвы города” появились на ранних этапах изучения почвообразования в городской среде и были определены по-разному. К “почвам города” относят любые почвы на его территории: природные или почти природные (с естественным профилем и аналитической диагностикой загрязнения или биогеохимическими особенностями, явно отличающимися от природных, “полугородские” урбопочвы и собственно “городские почвы” – урбаноземы и их варианты.

«Городская почва является биокосной многофазной системой, состоящей из твердой, жидкой и газовой фаз, с непременно́м участием живой фазы. Почвы в городе развиваются под воздействием тех же факторов почвообразования, что

и естественные почвы, но антропогенный фактор здесь оказывает существенное влияние» (Методика исследования..., 2009).

В широком понимании городская почва – это любая почва, функционирующая в окружающей среде города. В узком смысле этот термин подразумевает специфические почвы, сформированные деятельностью человека в городе. Впервые термин «городские почвы» был введен Бокгеймом (США) в 1974 г., который определял его как «почвенный материал, содержащий антропогенный слой несельскохозяйственного происхождения более 50 см, образованный путем перемешивания поверхности земли в городских и пригородных территориях» (Бокгейм, 1974).

В настоящее время, принято следующее определение: городские – это антропогенно измененные почвы, имеющие созданный в результате человеческой деятельности поверхностный слой мощностью более 50 см, полученный перемешиванием, насыпанием или погребением материала урбаногенного происхождения, в том числе строительно-бытового мусора.

«Общие черты городских почв:

- материнская порода – насыпные, намывные или перемешанные грунты, или культурный слой;
- включения строительного и бытового мусора в верхних горизонтах;
- нейтральная или щелочная реакция (даже в лесной зоне);
- высокая загрязненность тяжелыми металлами (ТМ) и нефтепродуктами;
- особые физико-механические свойства почв (пониженная влагоемкость, повышенная объемная масса, уплотненность, каменистость);
- рост профиля вверх за счет постоянного привнесения различных материалов и интенсивного эолового напыления» (Методика исследования почв..., 2009).

Для городских почв характерен специфический диагностический горизонт урбик (от слова urbanus – город).

«Горизонт «урбик» – поверхностный органоминеральный насыпной, перемешанный горизонт, с урбоантропогенными включениями (более 5% строительно-бытового мусора, промышленных отходов), мощностью более 5 см».

Характеристика горизонта урбик:

«Расположение и возраст – формируется в городах и населенных пунктах в течение столетий, но может быть сконструирован при образовании газонов, скверов и т. д.

Почвообразующим материалом служит культурный слой, насыпные или перемешанные грунты и фрагменты (осколки) естественных почв грунт.

Цвет – различные оттенки темно-бурых тонов.

Сложение – рыхлый, слоистый; верхняя часть бывает переуплотнена из-за повышенной рекреационной нагрузки.

Гранулометрический состав – преобладает легкий или облегчен за счет включений.

Структура выражена слабо.

Каменистость – формируется за счет строительно-бытовых включений.

Характерно нарастание горизонта вверх за счет пылевых выпадений из атмосферы и антропогенного привноса материала.

Наблюдается высокая вариабельность свойств в горизонте по текстуре, плотности сложения, по обилию включений, по химическим свойствам.

Величина pH преимущественно более 7.

Содержание гумуса варьирует, но чаще высокое (5–10%), состав гумуса чаще гуматный» (Методика исследования почв..., 2009).

«Почва как функциональный блок городской экосистемы. Городские почвы выполняют разнообразные экологические функции, главными из которых являются: пригодность для произрастания зеленых насаждений, способность сорбировать в толще загрязняющие вещества и удерживать их от проникновения в почвенно-грунтовые воды, а также от поступления пыли в городской воздух».

Роль почвы в городе существенна и разнообразна. Выполняя важные средообразующие функции, почва изменяет химический состав атмосферных осадков и подземных вод, она «является универсальным биологическим сорбентом, поставщиком и регулятором содержания CO₂, O₂, N₂ в воздухе» (Никитенко, 2007).

Почва в городе является хорошим поглотительным барьером газовых примесей, в том числе от автотранспорта, ТЭЦ, заводов и т. д., а также регулирует газовый состав атмосферы путем поглощения и выделения почвой газов (метан, аммиак, углекислый газ и т. д.).

«Благодаря своим биогеохимическим свойствам и огромной активной поверхности тонкодисперсной части почва превращается в "депо" токсических соединений и одновременно становится одним из важнейших биогеохимических барьеров для большинства соединений (тяжелые металлы, минеральные удобрения, пестициды, нефтепродукты) на пути их миграции из атмосферы города в грунтовые воды и речную сеть. Почва переводит поверхностные воды в грунтовые и их очищает, а также выполняет функцию защитного сорбционного барьера от загрязнения пресных вод и водоемов» (Никитенко, 2007).

«В результате интенсивного антропогенного и техногенного воздействия в городских почвах развиваются негативные процессы, ухудшающие их качество вследствие нарушения и разрушения почвенного профиля, дегумификации, переуплотнения, нарушения водно-воздушного, теплового, пищевого и газового режимов, химического и биологического загрязнения, сокращения биоразнообразия. Немаловажную роль в возникновении негативных явлений играет захламление поверхности почв строительным мусором и извлеченными на дневную поверхность горных пород и минералов, отчего на месте почв возникают техногенные поверхностные образования» (Ковалева, 2012).

«Состояние городских почв имеет важное значение при проведении оценки экологического состояния той или иной территории. Несмотря на то, что на урбанизированных территориях они не представляют интерес как начальное звено пищевых цепей, они являются показателем экологического со-

стояния окружающей среды и потенциальным источником вторичного загрязнения приземного слоя атмосферы, поверхностных и грунтовых вод. Кроме вторичного негативного воздействия на здоровье населения через продукты питания или загрязнение вод и воздуха, возможно и прямое воздействие загрязненных почв на здоровье населения – особенно детей – за счет непосредственного контакта и поступления почв и грунтов в организм (особенно на игровых площадках)» (Войтюк, 2011).

«Состояние почв оказывает воздействие на окружающую среду и природные ресурсы, а также на уровень социального и экономического развития государства, здоровье населения. Без решения проблем охраны почв невозможно устойчивое развитие биосферы, безопасность и благополучие нынешнего и будущих поколений людей» (Ковалева, 2012).

1.2 Факторы, влияющие на экологическую обстановку в Санкт-Петербурге

«Почвы являются одним из главных объектов окружающей среды, трудновозобновимым природным ресурсом, обладающим плодородием, центральным связующим звеном биосферы, главным источником получения продуктов питания, жизнеобеспечения и жизнедеятельности человека, средой обитания и источником существования растительного и животного мира, первоосновой экономического и социального развития, благосостояния общества, национальным достоянием России» (Горький, Петрова, 2007).

Согласно данным, опубликованным в статье Российского геоэкологического центра-филиала ФГУПП «Урангео» МПР РФ, «состояние городских почв, грунтов имеет важнейшее значение для оценки экологического состояния той или иной территории, так как хотя на урбанизированных территориях они не представляют интерес как начальное звено пищевых цепей, но являются интегральным показателем экологического состояния окружающей среды и потенциальным источником вторичного загрязнения приземного слоя атмосферы,

поверхностных и грунтовых вод» (Горький, Петрова, 2003). Кроме вторичного негативного воздействия на здоровье населения через продукты питания или загрязнение вод и воздуха, возможно и прямое воздействие загрязненных почв на здоровье населения (особенно детей) за счет непосредственного контакта и поступления почв и грунтов в организм (особенно на игровых площадках).

В связи с этим, осуществляется контроль над химическим загрязнением почв, которое подразделяется на четыре класса опасности: I - чрезвычайно опасное (суперэкоотоксиканты), II – высоко опасное (экоотоксиканты), III - умеренно опасное (экоотоксиканты) и IV – малоопасное (ксенобиотики) (Горький, Петрова, 2007).

«Экоотоксиканты – это экологически опасные факторы химической природы, которые способны долгое время сохраняться, мигрировать и накапливаться в ее биотических и абиотических компонентах. В концентрациях, превышающих естественный природный уровень, экоотоксиканты оказывают токсическое воздействие, как на окружающую среду, так и на здоровье человека» (<http://www.iemrams.spb.ru>)..

К экоотоксикантам, имеющим приоритетное значение для окружающей среды и здоровья человека, из неорганических относятся тяжелые металлы, а из органических – нефть и нефтепродукты, полихлорированные и полициклические ароматические углеводороды. «Особую опасность для человека представляют собой стойкие экоотоксиканты диоксины, которые приводят к развитию диоксиновой патологии» (<http://www.iemrams.spb.ru>).

Наиболее значимые источники экоотоксикантов, загрязняющих почвы Санкт-Петербурга:

- 1) воздействие воздушных судов гражданской авиации (негативные эффекты на уровне озонового слоя, загрязнение атмосферы веществами, которые образуются в процессе сгорания топлива);
- 2) воздействие транспорта (загрязнение токсичными веществами отработавших газов транспортных двигателей, выбросы в атмосферу канцерогенных (бензол, формальдегид, бензапирен, ацетальдегид и др.) и

вызывающих различные заболевания веществ (толуол, ксилолы, 1,3-бутадиен, тяжелые металлы и др.), слив сточных вод от стационарных источников, образование твердых отходов);

- 3) десятки миллиардов тонн твердых отходов производства и потребления разных классов опасности: I класс – отходы гальванических производств, ртуть, хлорорганика, хром шестивалентный и др. II класс – кубовые остатки, нефтепродукты, мышьяк, серная кислота и др. III класс – нефтешламы, медь, свинец, цинк и др.);
- 4) захламление территорий производственными отходами, строительным и бытовым мусором;
- 5) тепловые электростанции, работающие на твердом топливе (токсичные золошлаки);
- 6) городские свалки, полигоны для твердых бытовых отходов (экоотоксиканты, образующиеся при гниении и сжигании);
- 7) накопление отходов производства и потребления от предприятий железнодорожного транспорта;
- 8) осадки от водопроводных и канализационных станций очистки вод;
- 9) объекты сельскохозяйственного производства (базы средств химизации, взлетно-посадочные полосы, склады минеральных удобрений, навозохранилища, животноводческие комплексы и т. д., где наблюдается повышенное содержание нитратов и других экотоксикантов, в том числе запрещенные и пришедшие в негодность пестициды) (Горький, Петрова, 2007);
- 10) вклад автотранспорта в загрязнение атмосферного воздуха Санкт-Петербурга составляет 75%.

В связи с наличием такого количества источников загрязняющих веществ выделены зоны потенциального риска химического загрязнения почв Ленинградской области и Санкт-Петербурга (рис.1).

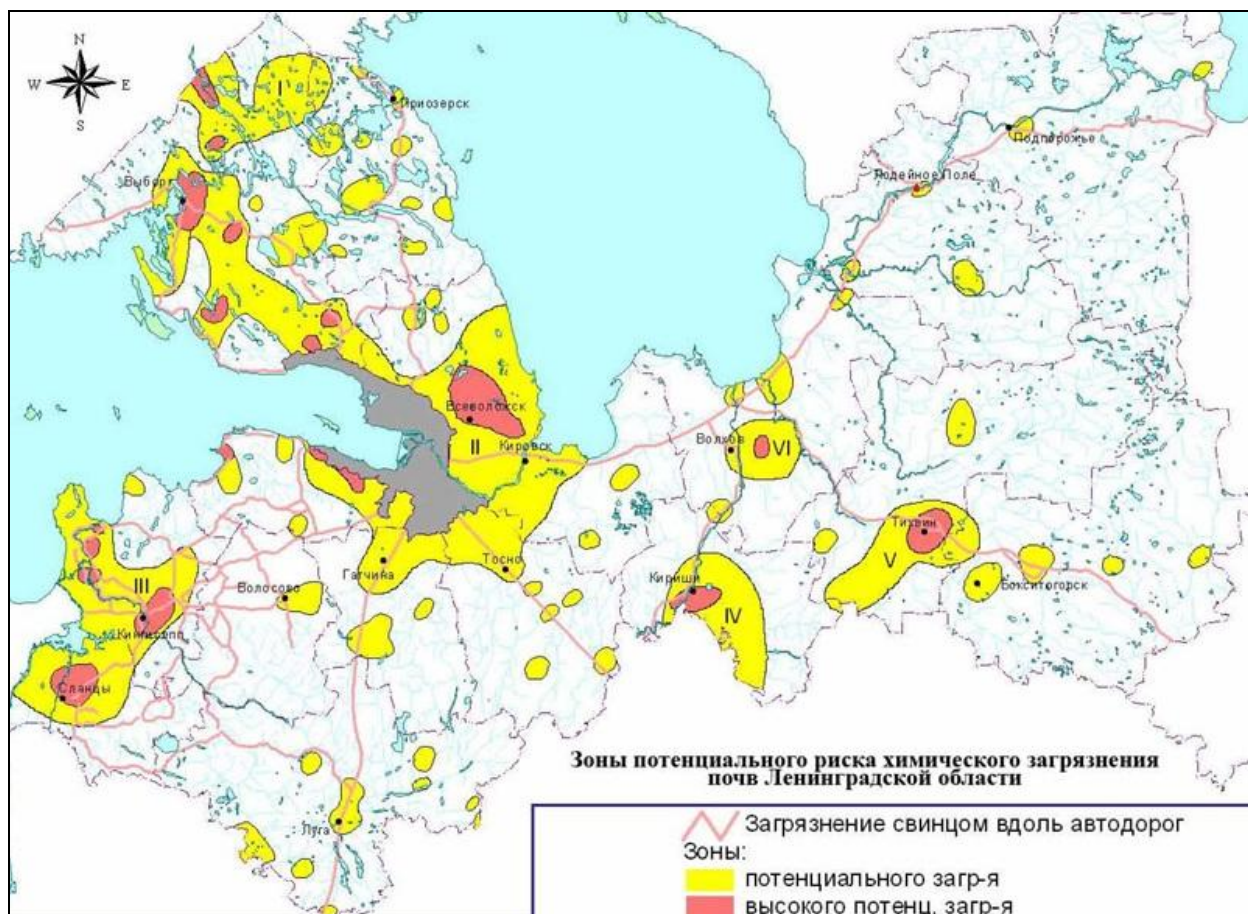


Рис. 1 Карта расположения зон потенциального риска загрязнения почв Ленинградской области (<http://www.infoeco.ru>)

К предприятиям, входящим в так называемый «черный список» и оказывающим влияние на почвы территорий административных районов Санкт-Петербурга являются:

- ФГУП «Адмиралтейские верфи»;
- ОАО «Балтийский завод»;
- ФГУП «Северная верфь»;
- Филиал ОАО «Силовые машины» «Ленинградский металлический завод»;
- Филиал ОАО «Силовые машины» «Электросила»;
- ОАО «Завод «Электропульт»;
- ОАО «Кировский завод»;
- ОАО «Ижорские заводы»;

- ОАО ХК «Ленинец» (<http://www.kvs.spb.ru>).

1.3 Источники и основные виды веществ, загрязняющих почвы Санкт-Петербурга

По данным отдела экологической физиологии ФГБУ «НИИЭМ» СЗО РАМН г. Санкт-Петербурга к основным органическим экотоксикантам относятся:

1. «Нитриты, нитраты и нитрозосоединения- нитраты представляют собой соли азотной кислоты (HNO_3 , нитриты же являются солями азотистой кислоты (HNO_2). Нитриты легко окисляются в соответствующие нитраты. Концентрация первых в среде обычно очень низка (в воде, например, 1-10 мг/л), в то время как концентрация нитратов высока (50-100 мг/л). Среди нитратов наиболее известны нитраты аммония, натрия, калия, кальция, обычно называемые селитрами. Все селитры широко и давно используются в качестве удобрений. Смертельная доза нитратов для людей составляет 8-15 г, а нитритов существенно ниже – 0,18г для детей и стариков, и 2,5г для взрослых» (<http://www.iemrams.spb.ru>).

2. «Асбест и другие минеральные волокна. Минеральные волокна относительно устойчивы и длительное время находятся в окружающей среде. Они могут переноситься с воздушными массами и водными потоками на большие расстояния. Вместе с тем минеральные волокна, как в водной среде, так и в живых организмах обычно претерпевают определенные химические изменения и, кроме того, они способны адсорбировать на себе различные органические вещества» (<http://www.iemrams.spb.ru>). Асбест отнесен по классификации МАИР к гр. 1 канцерогенного риска, т.е. является безусловным канцерогеном для человека. Возможными объектами загрязнения почв Санкт-Петербурга асбестом являются: ООО «БазФор» и ОАО «Завод АТИ».

3. «Полициклические ароматические углеводороды. Известно огромное количество полициклических ароматических углеводородов (ПАУ). Соединения этой группы распространены повсеместно и встречаются практически во всех

сферах окружающей человека среды» (<http://www.iemrams.spb.ru>). Индикаторное значение для всех ПАУ имеет бенз(а)пирен (БП). Это положение впервые было сформулировано еще в 1966 г. Л.М. Шабалом и его школой (А.П. Ильницкий, Г.А. Белицкий, А.Я. Хесина, А.Б. Линник и др.).

Установлено, что БП и другие ПАУ возникают как продукт абиогенного происхождения в результате вулканической деятельности. Экспериментально доказана и возможность синтеза ПАУ различными микроорганизмами и растениями, этим путем в биосферу поступает ежегодно до 1000 тонн БП. В формировании природного фона БП принимают участие и другие источники, например, лесные пожары (Комитет по природопользованию...). На рис. 2 показана карта содержания бенз(а)пирена в почвах Санкт-Петербурга.

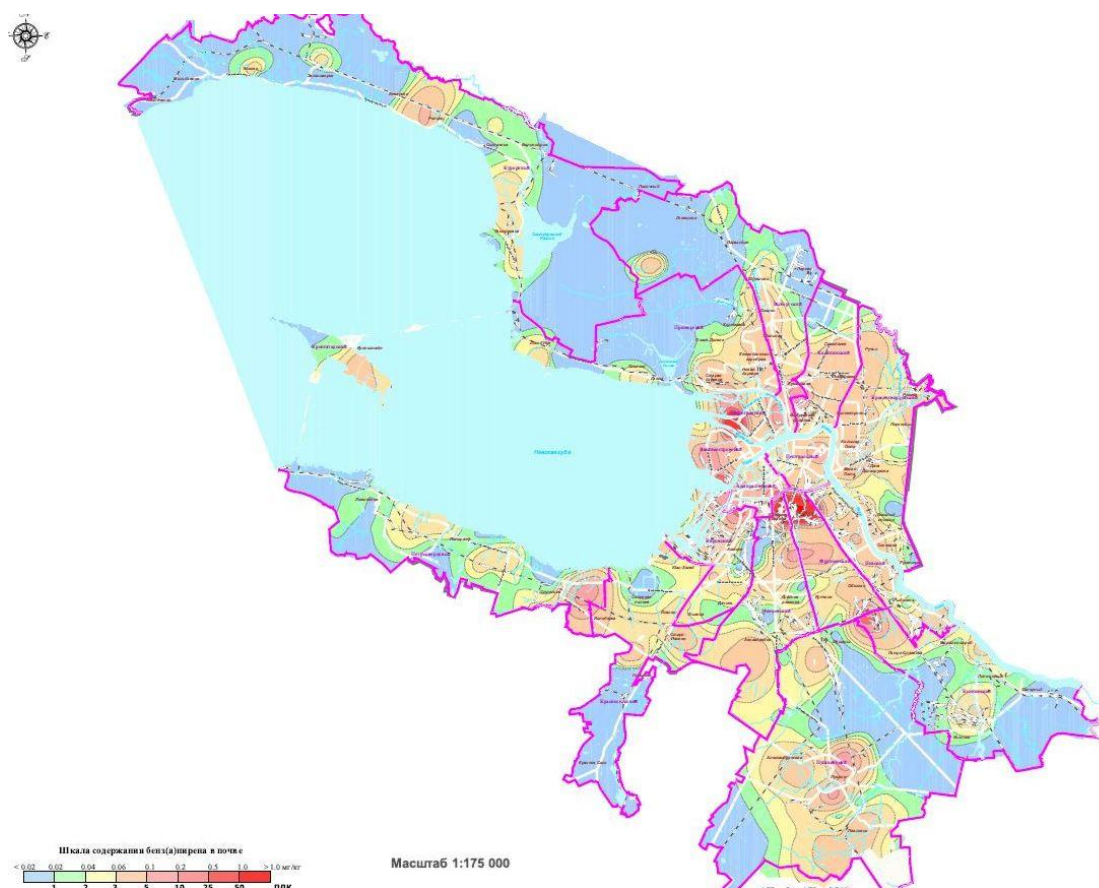


Рис.2 Карта содержания бенз(а)пирена в почвах Санкт-Петербурга
(<http://gov.spb.ru>)

4. «Диоксины и диоксиноподобные соединения представляют собой наиболее опасную химическую угрозу для здоровья и биологической целостности человечества и окружающей среды. К диоксинам относят большую группу высокотоксичных веществ – полихлорированных или полибромированных дибензодиоксинов и дибензофуранов. Под общим условным названием "диоксины" рассматривается большая группа полигалогенированных ароматических соединений, имеющих сходные физико-химические свойства и механизмы биологического действия» (<http://www.iemrams.spb.ru>).

На рис.3 показана карта загрязнения почв Санкт-Петербурга диоксинами.

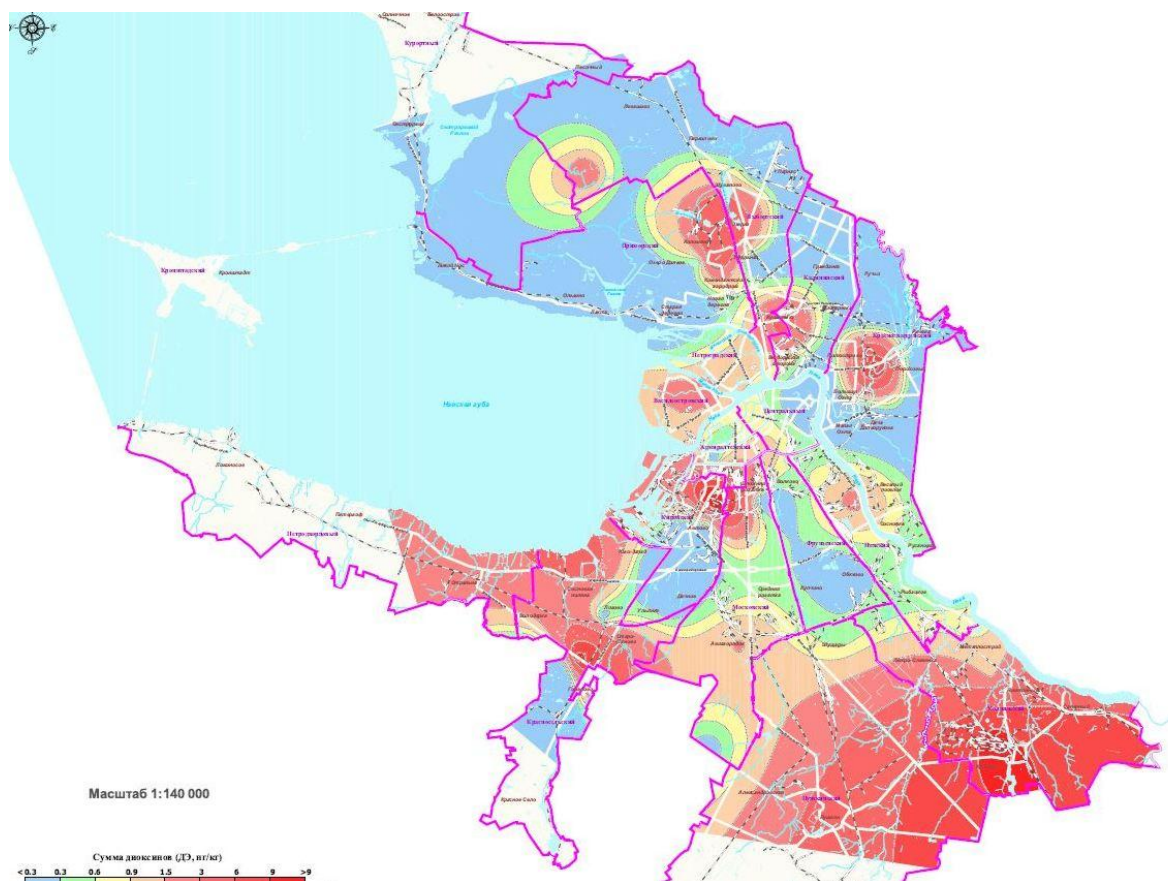


Рис.3 Карта загрязнения почв Санкт-Петербурга диоксинами (<http://gov.spb.ru>)

Основными источниками образования диоксинов являются предприятия химической, электротехнической, лесной, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленности и цветной металлургии, то есть те предприятия, где в производственном цикле используются хлорорганический синтез, сжига-

ние хлорорганических соединений, процессы хлорирования при отбеливании целлюлозы в целлюлозно-бумажной промышленности, получение металлов из их хлоридов при высокотемпературных процессах. «Большое количество диоксинов поступает в атмосферу при производстве тепловой и электрической энергии на ТЭЦ, работающих на угле, дизельном топливе, мазуте, а также при сжигании бытового и промышленного мусора на мусороперерабатывающих предприятиях. Значительный вклад в загрязнение окружающей среды диоксинами вносят выбросы автотранспорта» (<http://www.iemrams.spb.ru>).

На рис.4 показана карта суммарного загрязнения почв органическими токсикантами, описание которых было ранее представлено.

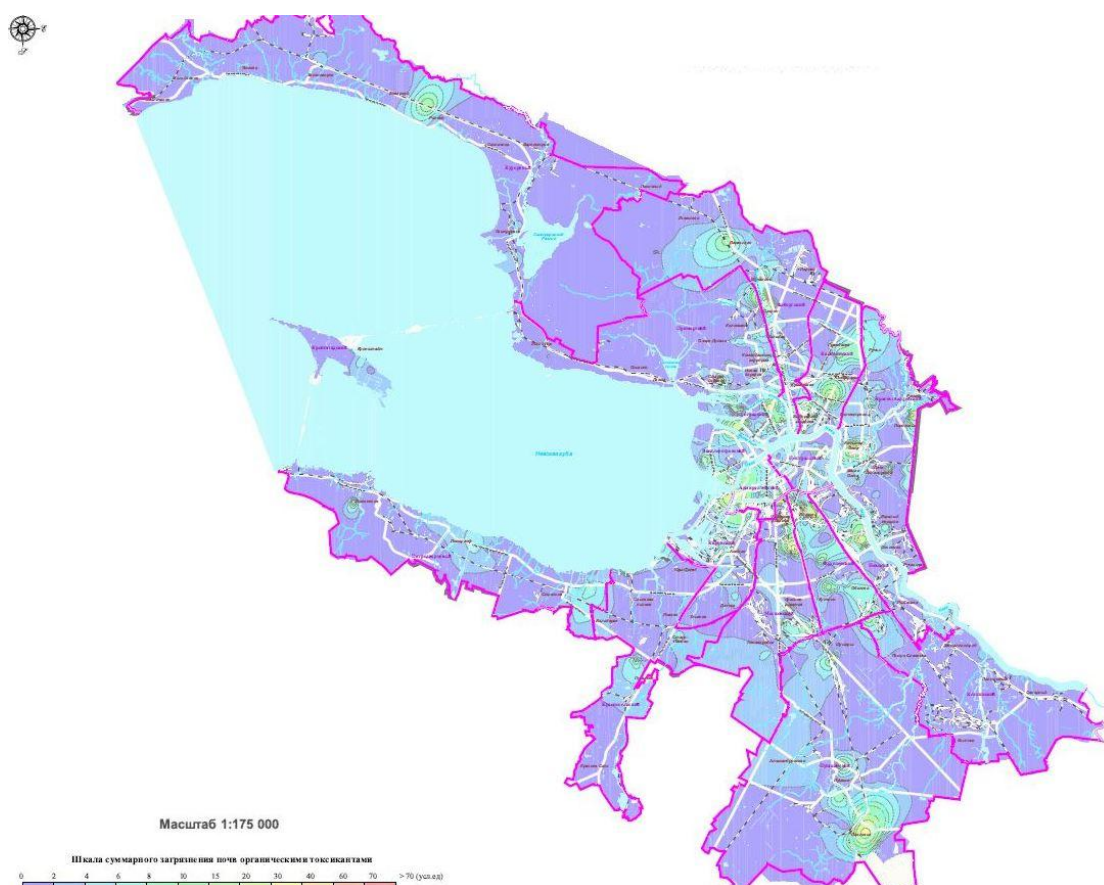


Рис.4 Карта суммарного загрязнения почв органическими токсикантами
(<http://gov.spb.ru>)

К неорганическим экотоксикантам относится группа тяжелых металлов, основными поставщиками которых являются предприятия цветной металлур-

гии. Сильное загрязнение свинцом и другими тяжелыми металлами наблюдается вокруг автострад. Часть техногенных выбросов тяжелых металлов поступает в атмосферу в виде тонких аэрозолей и переносится на значительные расстояния, приводя к глобальному загрязнению (<http://www.iemrams.spb.ru>).

1.4 Тяжелые металлы, представляющие опасность для здоровья населения

«К тяжелым металлам относятся свыше 40 элементов, имеющих атомную массу больше 50» (Алексев, 1987). В периодической системе Д.И. Менделеева они начинаются со Sc. Наиболее распространенными тяжелыми металлами являются: Pb, Cd, Hg, Cu, Zn, Sn, V, Cr, Mo, Mn и Ni (Мотузова, 2009). Нередко исследователи, изучая тяжелые металлы и металлоиды, объединяют их в одну группу, которая охватывает 58 химических элементов с атомной массой свыше 50. В периодической системе элементов группа тяжелых металлов и металлоидов начинается с ванадия и заканчивается ураном (Водяницкий, 2008). Кроме того, металлоидами называют элементы, обладающие некоторыми свойствами, характерными для металлов и некоторыми свойствами, характерными для неметаллов. К металлоидам относят такие элементы, как As, F, Sb, Bi, Ge, Po и др. (Шарманов, 1992).

«В настоящее время известно, что большинство металлов, в том числе и тяжелых, в определенных количествах необходимы для жизнедеятельности живых систем и их функционирования. Многочисленными исследованиями установлено, что влияние металлов зависит от их содержания в окружающей среде, а также от степени нуждаемости в них микроорганизмов, животных, растений и человека» (Войтюк, 2011).

Механизмы токсического действия тяжелых металлов различны. Многие металлы при определенных концентрациях ингибируют действие ферментов (медь, ртуть). Некоторые металлы образуют хелатоподобные комплексы с обычными метаболитами, нарушая обмен веществ (железо). Другие металлы

повреждают клеточные мембраны, изменяя их проницаемость и другие свойства. Подробная характеристика данных экотоксикантов, оказывающих влияние на почвы Санкт-Петербурга представлена в следующем разделе.

В соответствии с (ГОСТ 17.4.1.02-83.) тяжелые металлы разделяются на три класса опасности:

- к первому классу относятся: As, Be, Cd, Hg, Se, Pb, Zn;
- ко второму – Co, Cr, Cu, Mo, Ni, Sb;
- к третьему – V, W, Mn, Sr, Ba.

Каждый из элементов, относящийся по своим характеристикам к тяжелым металлам, в почве имеет определенные особенности нахождения. Рассмотрим эти особенности по ряду распространенных поллютантов: Pb, Zn, Cd, Mo, As, Co, относящихся к 1 – 3 классам опасности.

Свинец. «Атомная масса 207,2. Голубовато-белый тяжелый металл. Он очень мягок. Все растворимые соединения свинца ядовиты. В естественных условиях Pb существует в основном в форме PbS, присутствуя в виде Pb^{2+} и Pb^{4+} . Свинец образует ряд минералов, которые относительно плохо растворимы в природных водах. Сульфиды свинца окисляются медленно. Свинец может образовывать также карбонаты, входить в глинистые минералы, оксиды Fe и Mn, а также связываться органическим веществом. Pb способен замещать K, Ba, Sr и Ca в минералах и сорбционных позициях» (Кабата-Пендиас, 1989).

Среди всех ТМ Pb наименее подвижен, что подтверждается относительно низким содержанием Pb в природных почвенных растворах. Pb ассоциируется главным образом с поверхностью глинистых минералов, оксидами Mn, гидроксидами Fe и Al и органическими соединениями. «В некоторых почвах Pb может концентрироваться в частицах карбоната Ca или в фосфатных конкрециях. Подвижность Pb сильно снижается при известковании почв. При высоких значениях pH Pb закрепляется в почве химически в виде гидроксида, фосфата, карбоната и Pb-органических комплексов» (Овчаренко, 1997). При нейтральной и щелочной реакции среды подвижность свинца значительно снижается (Алексеев, 1987; Овчаренко, 1997).

Свинец относится к группе тяжелых металлов, высокоопасных для здоровья (ГОСТ 17.4.1.02-83). Поступление Pb в биосферу естественным путем составляет $4,6 \times 10^4$ т/год, антропогенным – превышает 5×10^5 т/год (Николишин, 1979). Даже в удаленных от источников техногенных выбросов районах из атмосферы на поверхность земли в год поступает 60 – 180 г Pb/га (Добровольский, 1992). Свинец является самым распространенным загрязнителем окружающей среды (Алексеев, 2008). Поступление свинца в окружающую среду из природных источников в 33,3 раза меньше его поступления от техногенных источников. Уровень концентрации свинца в природных средах постоянно повышается, что представляет угрозу для здоровья населения (Безносков и др., 2005). Металл поступает в почву при добыче свинцовых руд, как отход металлургии, из автомобилей, потребляющих бензин с присадкой свинца, а также из свалок, на территории которых попадают использованные электрические аккумуляторы, краски, сплавы металлов (Водяницкий, 2009). Глобальный уровень загрязнения почв свинцом на порядки превышает природный фон в локальных аномалиях в зоне действия рудников и металлургических заводов, а также в городских почвах за счет поступления свинцовых красок и продуктов сгорания этилированного бензина (Водяницкий, 2009).

Из-за широкомасштабного загрязнения окружающей среды свинцом, верхние горизонты большинства почв обогащены этим элементом (Алексеев, 2008). «Кларк свинца в почвах мира составляет 10 мг/кг, а среднее содержание в почвах суглинистого и глинистого гранулометрического состава России - 40 мг/кг» (Виноградов, 1957). Уровень ПДК по свинцу для почв равен 30 мг/кг (Санитарные нормы..., 1988). В почвах свинец менее подвижен, чем другие тяжелые металлы.

«Основными источниками поступления свинца в организм людей и животных служит пища и вдыхаемый воздух. Свинец оказывает разностороннее негативное действие. Свинец поражает центральную нервную систему и, прежде всего, мозг, а также кровеносные сосуды, пищеварительный тракт, печень, почки у теплокровных, нарушает синтез белков. Если в костях накапливается

до 90% свинца, то происходит декальцинирование фосфорных соединений костной ткани. Кроме того, в результате действия свинца на организм нарушается синтез гемоглобина» (Ложкин, 2014).

Предельно допустимая концентрация (ПДК) свинца в почве в валовой форме составляет 32 мг/кг (ГН 2.1.7.2041-06).

Цинк. «Атомная масса 65,4. Голубовато-серебристый металл. На воздухе покрывается тонким слоем оксида, предохраняющим его от дальнейшего окисления. Оксид цинка ZnO - рыхлый белый порошок. При растворении минералов в процессе выветривания образуется активный ион Zn^{2+} , наиболее подвижный в кислых средах. В почвах наиболее подвижен ион Zn^{2+} но могут присутствовать и другие ионные формы. Растворимость цинка в почвенных условиях ниже, чем у $Zn(OH)_2$, $ZnCO_3$ и $Zn_3(PO_4)_2$ в чистых экспериментальных системах. В кислой среде Zn адсорбируется по катионно-обменному механизму, в щелочной среде - в результате хемосорбции. При $pH < 6$ подвижность Zn^{2+} возрастает, что приводит к его выщелачиванию в водной среде. При возрастании концентрации органических веществ в почве повышается ее pH , что влияет на связывание цинка и переход его в органические комплексы» (Кабата-Пендиас, 1989).

Наибольшая адсорбция Zn проявляется к оксидам Fe , галлуазиту, аллофану и несколько наименьшая - к монтмориллониту. То есть, важными факторами, влияющими на подвижность Zn , являются содержание глинистых минералов и величина pH . Ионы Zn , попадая в межпакетные пространства кристаллической решетки монтмориллонита, теряют свою подвижность. С органическим веществом Zn образует устойчивые формы, поэтому в большинстве случаев он накапливается в горизонтах почв с высоким содержанием гумуса и в торфе. Zn - по сравнению с другими тяжелыми металлами наиболее растворимый элемент в почве, концентрация его в почвенных растворах колеблется от 4 до 270 мкг/л в зависимости от свойств почвы и методов определения (Овчаренко, 1997).

Антропогенными источниками цинка являются промышленные предприятия, особенно цветной металлургии, которые поставляют данный металл в виде газопылевых выбросов, твердых отходов и стоков (Цинк и кадмий..., 1992).

Также важный поставщик цинка – химическая, в частности лакокрасочная, промышленность, жилищно-коммунальное хозяйство (сжигание бытовых отходов, осадки сточных вод, свалки и т.д.), агротехническая деятельность (Зырина, Садовникова, 1985). Определенное количество цинка поступает в атмосферу с пылевыми выбросами при сгорании топлива (выбросы из двигателей автомобилей, продукты износа механических частей, покрышек и дорожного покрытия) (Безуглова, Орлов, 2000). Следует отметить, что при отсутствии специфических источников загрязнения, среднее содержание цинка в городской среде очень варьирует (в среднем от 30 до 200 мг/кг), в то время при наличии загрязнения уровень содержания металла повышается на 1-2 порядка (Цинк и кадмий..., 1992).

В медицине данный элемент используют в радиоизотопной диагностике, в дерматологии, эндокринологии, при лечении иммунодефицитных состояний (Калетина, 2008).

Известно токсическое действие цинка на животных и человека. У человека при избытке цинка в организме наблюдается тошнота, рвота, дыхательная недостаточность, фиброз легких. Кроме того, цинк является канцерогеном (Кеннет, Фальчук, 1993). В организмах человека и животных цинк оказывает влияние на деление и дыхание клеток, развитие скелета, формирование мозга и поведенческих рефлексов, заживление ран, воспроизводительную функцию, иммунный ответ; взаимодействует с инсулином, участвует в биотрансформации алкоголя. При хроническом воздействии пыли цинка отмечаются желудочно-кишечные расстройства и гипохромная анемия. Повышена заболеваемость верхних дыхательных путей, распространен кариес зубов (Черкасова, Иванов 2011). При дефиците возникает ряд кожных заболеваний (Авцын и др., 1991; Калетина, 2008). Токсическая доза цинка для человека (при хроническом поступлении) – 150-600 мг, летальная доза – 6 г (Калетина, 2008).

ПДК цинка в почве в подвижной форме составляет 23 мг/кг (ГН 2.1.7.2041-06).

Кадмий. «Химический элемент II группы периодической системы Д. И. Менделеева, атомный номер 48, атомная масса 112,41, состоит из восьми стабильных изотопов (Добровольский, 1992). Серебристо-белый мягкий металл. Соли кадмия гидролизуются и их растворы имеют кислую реакцию. Кадмий по химическим свойствам близок к цинку, и отличается от него еще большей подвижностью в кислых средах. В почвенном растворе кадмий присутствует в виде Cd^{2+} . Подвижность кадмия в почве определяется уровнем реакции среды в почве и окислитель-восстановительным потенциалом. Адсорбция кадмия глинами имеет существенное значение в кислом диапазоне pH. При pH выше 7,5 сорбированный почвой Cd перестает быть легко подвижным. В любой почве активность Cd определяется величиной pH. Только в кислых почвах органическое вещество и полуторные окислы в значительной степени могут контролировать подвижность соединений кадмия. Концентрация Cd в почвенных растворах находятся в интервале 0,2-6 мкг/л» (Овчаренко, 1997).

Величины концентраций, превышающие 100-200 мкг/л, свидетельствуют об антропогенном загрязнении почвы. Антропогенный вклад Cd в глобальное загрязнение окружающей среды в 3 раза выше вклада его естественных источников поступления в биосферу (Остромогильский и др. 1987; Степанок, 2003). В условиях промывного режима увлажнения имеет место миграция кадмия с инфильтрационными водами в нижние горизонты почвы, хотя наибольшее содержание этого металла характерно для верхнего пахотного слоя почв. Загрязнение почвы кадмием является одним из наиболее опасных экологических явлений. Основным методом снижения подвижности кадмия (как и цинка) является повышение pH почвы путем известкования, хотя этот прием эффективен не для всех почв и растений (Овчаренко, 1997).

Горнодобывающая и металлургическая промышленность составляют около 35 % от общего поступления тяжелых металлов (Зырин и др., 1980). Кадмий может попадать в атмосферу и при сжигании бытовых отходов, в первую очередь пластмассы, так как этот элемент добавляют в ее состав для придания прочности (Кабата-Пендиас, 1989; Карпухин, 1989).

Сельское хозяйство также является одним из источников техногенного загрязнения окружающей среды ТМ. Загрязнение почв может происходить при известковании, орошении их сточными водами, при внесении фосфорных, органических и других удобрений (Соколов, Черников, 1999). Одним из основных источников поступления Cd в почву являются фосфорные удобрения, содержащие этот тяжелый металл в качестве примеси (Потатуева и др., 1994). Загрязнение почв Cd может происходить и при использовании целого ряда пестицидов (Алексеев, 1987; Лукин, 2000; Бадмаева, 2007).

«Данный тяжелый металл сильно ядовит, блокирует сульфгидрильные группы ферментов, приводит к нарушению обмена железа, синтеза ДНК. Кадмий вызывает атеросклероз, поражает почки и половые органы. Он имеет свойство накапливаться в организме, так как обладает высокой аккумулярующей способностью и с трудом выводится. Период полувывода его из организма составляет 20-30 лет. Избыток кадмия поражает скелет, вследствие декальцификации, размягчаются кости, деформируется позвоночник» (Ложкин, 2014).

Кадмий снижает способность организма противостоять болезням, обладает мутагенными и канцерогенными свойствами. Содержание кадмия в продуктах питания больше 1 мг/кг вызывает пищевые отравления. Растворимые соединения кадмия действуют в первую очередь на органы дыхания и желудочно-кишечный тракт (Покровская, 1995, Ягодин, 2002).

Кадмий в почве нормируется по ориентировочно допустимой концентрации (ОДК). Данная величина колеблется в пределах 0,5-1,0 мг/кг в зависимости от типа почвы и ее pH (ГН 2.1.7.2042-06).

Молибден. «Атомная масса 95,9. Серебристо-белый металл, плавящейся при температуре 2620°C. В своих соединениях молибден проявляет положительные степени окисленноеTM, шесть, пять, четыре, три и два. Важнейшие соли молибденовой кислоты H_2MoO_4 - молибдаты являются наиболее стойкими соединениями. Молибден адсорбируется в поверхностных отложениях водными оксидами железа, алюминия и марганца и осаждается в коллоидной фракции. С течением времени выпавший осадок Мо становится менее растворимым».

мым» (Овчаренко, 1997). «На увлажненных щелочных почвах Мо более доступен для растений, так как ион Мо очень активен в щелочной среде. В кислых почвах ($\text{pH} < 5.5$) Мо становится труднорастворимым. Слабое поглощение растениями Мо из торфянистых почв обусловлено активной фиксацией Мо солями гуминовых кислот. Известкование кислых почв - наиболее эффективный прием повышения доступности молибдена для растений» (Кабата-Пендиас, 1989).

ОДК молибдена в почве составляет 10 мг/кг для песчаных и супесчаных почв (ГН 2.1.7.2041-06).

Мышьяк. «Атомная масса 74,9. Мышьяк существует в нескольких аллотропических модификациях. Наиболее устойчив при обычных условиях металлический мышьяк. С кислородом мышьяк образует два оксида: As_2O_3 и As_2O_5 . Соединения мышьяка (арсениты) легкорастворимы, но из-за его интенсивной сорбции (глинистыми частицами, гидроксидами и органическим веществом) миграция As невелика. Арсенаты легко фиксируются в почвах глинистыми частицами, фосфатными гелями, гумусом и кальцием. As, адсорбированный почвой, с трудом поддается десорбции, а прочность связывания его почвой с годами увеличивается, но As, связанный с оксидами железа и алюминия, может высвобождаться при гидролизе в результате снижения окислительно-восстановительного потенциала почвы» (Овчаренко, 1997).

Кларк мышьяка в почвах мира по А.П. Виноградову (Виноградов, 1957) составляет 5 мг/кг. Минимальная концентрация мышьяка установлена для песчаных почв. Его максимальные количества выявлены в аллювиальных почвах и в почвах, богатых органическим веществом (Овчаренко, 1997). ПДК мышьяка для почв России 2 мг/кг (Санитарные нормы). По мнению Ю.Н. Водяницкого (Водяницкий, 2008) это значение занижено. Поэтому основная часть почв содержит мышьяк выше допустимого уровня. Автор предложил установить ПДК для As на уровне 10 мг/кг, что соответствует двойному значению кларка этого элемента. Содержание мышьяка в суглинистых и глинистых почвах США составляет 7,7 мг/кг (Ильин, 1991), что превышает значения кларка и ПДК для почв России.

ПДК мышьяка в почве в валовой форме составляет 2 мг/кг (ГН 2.1.7.2041-06).

Кобальт. «Атомная масса 58,9. Твердый блестящий металл. Вода и воздух на него не действуют. Кобальт тесно связан с геохимическими циклами железа и марганца. В кислой среде кобальт относительно подвижен, но из-за активной сорбции оксидами Fe, Mn и глинистыми минералами кобальт не мигрирует в растворенной фазе. При низких значениях pH происходит взаимообмен Co^{2+} и Mn^{2+} и образуется $\text{Co}(\text{OH})_2$, который осаждается на поверхности оксидов. С ростом pH сорбция оксидами марганца резко усиливается. Органические хелаты кобальта легкоподвижны и хорошо мигрируют в почве, а также хорошо доступны для растений. Концентрация кобальта в почвенных растворах изменяется от 0,3 до 87 мкг/л. Органическое вещество почв и содержание глинистых частиц влияют на распределение кобальта по горизонтам. Монтмориллонит и иллитовые глины хорошо сорбируют и легко освобождают этот элемент» (Овчаренко, 1997).

ПДК кобальта в почве в подвижной форме составляет 5 мг/кг (ГН 2.1.7.2041-06).

На рис. 5 представлена карта суммарного индекса загрязнения почвогрунтов тяжелыми металлами, а также степень загрязненности территорий по санитарно-гигиеническим нормативам.

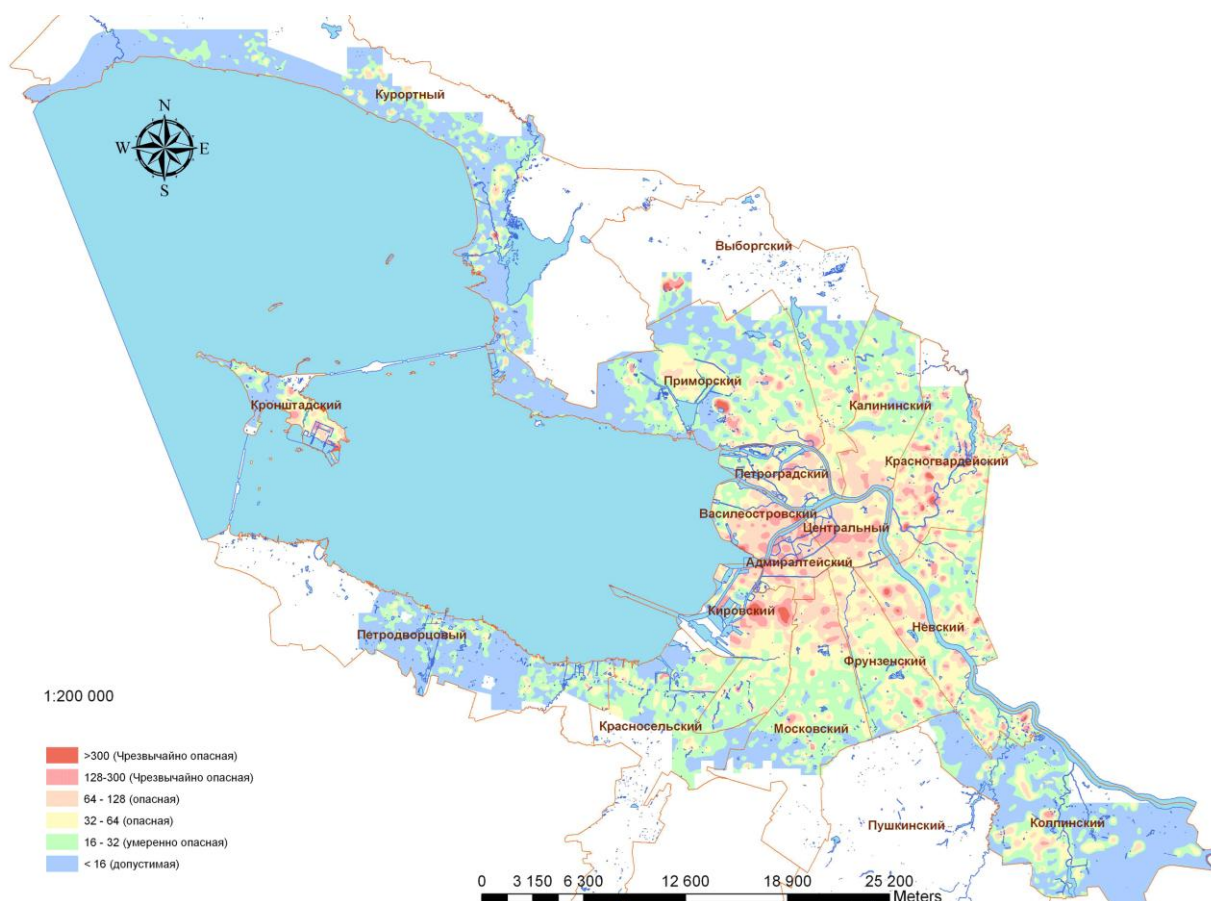


Рис. 5 Карта суммарного индекса загрязнения почвогрунтов тяжелыми металлами (усл.ед.), и степень загрязненности территорий по санитарно-гигиеническим нормативам (<http://gov.spb.ru>)

1.5 Содержание тяжелых металлов в почвах Санкт-Петербурга

В течение многих лет по заказу Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности Правительства Санкт-Петербурга Российский геоэкологический центр – филиал ФГУП «Урангео» (РГЭЦ) выполняет работы по оценке уровней загрязнения почв и грунтов города тяжелыми металлами. В первую очередь контроль и мониторинг осуществляются на территориях общего доступа (селитебные зоны, зоны рекреации) и объектах повышенного экологического риска (детские и образовательные учреждения) (Горький, Петрова, 2007).

Для Санкт-Петербурга остро стоит проблема загрязнения почв цинком, свинцом и кадмием. В зависимости от района, от 1 до 18% отобранных при ис-

следовании проб, характеризуются 5-кратным превышением ОДК. На территории Санкт-Петербурга основными источниками загрязнения почв свинцом являются выбросы предприятий стекольной, лакокрасочной и оборонной промышленности. Кроме того, высокие уровни загрязнения свинцом отмечены вблизи автострад. Замечено, что значительные количества данного элемента и других тяжелых металлов оседает в придорожной полосе на расстоянии 30 м от дороги.

В свою очередь значительное количество такого поллютанта как кадмий попадает в окружающую среду при переработке содержащих данный металл изделий. Также к приоритетным источникам загрязнения кадмием можно отнести гальваническую технику, стоки предприятий, которые выпускают серебряно-кадмиевые аккумуляторы (Горький, Петрова, 2007).

По данным Российского геоэкологического центра – филиала ФГУГП «Урангео» основным источником поступления цинка в атмосферу служит производство и использование цветных металлов.

В соответствии с законом Санкт-Петербурга от 25 июля 2005 года № 411-68 «О территориальном устройстве Санкт-Петербурга», территория Санкт-Петербурга делится на 18 районов. Содержание тяжелых металлов на территории административных районов города представлена ниже.

1.5.1 Содержание тяжелых металлов в почвах Адмиралтейского района

По данным Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и экологической безопасности Администрации Санкт-Петербурга почвы территории Адмиралтейского района чрезвычайно интенсивно загрязнены ТМ: среднее содержание Zn превышает ПДК в 32 раза, Cd – в 3,8 раз, Pb – в 7 раз. Данные содержания существенно превышают среднегородские уровни и сказываются на величине показателя суммарного загрязнения почв тяжелыми метал-

лами, средняя величина которого для района составляет 130 условных единиц, что соответствует чрезвычайно опасному загрязнению почв.

На рис. 6 приведена схема суммарного загрязнения почв Адмиралтейского района тяжелыми металлами.

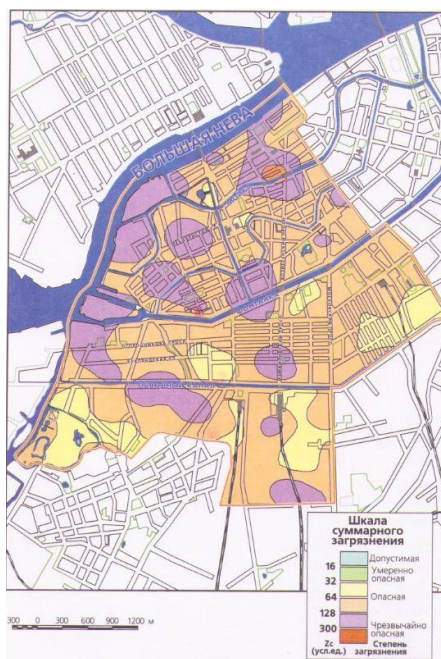


Рис. 6 Схема суммарного загрязнения почв Адмиралтейского района тяжелыми металлами (Экологическая обстановка в районах СПб, 2003)

На территории района выявлено 13 участков чрезвычайно опасного загрязнения ТМ общей площадью 2,9 км² (21%), 12 из них имеют полиэлементный состав загрязнения, а 1 – ртутное.

По данным Комитета по природопользованию, охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности, представленным в отчете за 2003 год основными источниками загрязнения почв района является деятельность объединения «Адмиралтейские верфи», «Красный треугольник», завода радиотехнического оборудования, Октябрьской ЖД. Часть участков чрезвычайно опасного загрязнения связаны с влиянием автотранспорта – вдоль улицы Декабристов и наб. Фонтанки, в районе Исаакиевского собора.

Химические факторы риска имеют наибольшее значение для Адмиралтейского района, который загрязнен ТМ сильнее всех остальных районов города.

1.5.2 Содержание тяжелых металлов в почвах Василеостровского района

В результате проведенных на территории Василеостровского района работ установлено, что среднее содержание Zn в почвах района превышает ОДК в 15 раз, Cd – в 3 раза, Pb – в 6 раз. Данные значения превышают среднегородские уровни и оказывают влияние на величину суммарного показателя загрязнения (Zс) почв тяжелыми металлами, средняя величина которого для данного района составляет 93 условные единицы (Экологическая обстановка в районах СПб, 2003), что соответствует опасному загрязнению почв и приближается к уровню чрезвычайно опасного загрязнения (рис. 7).

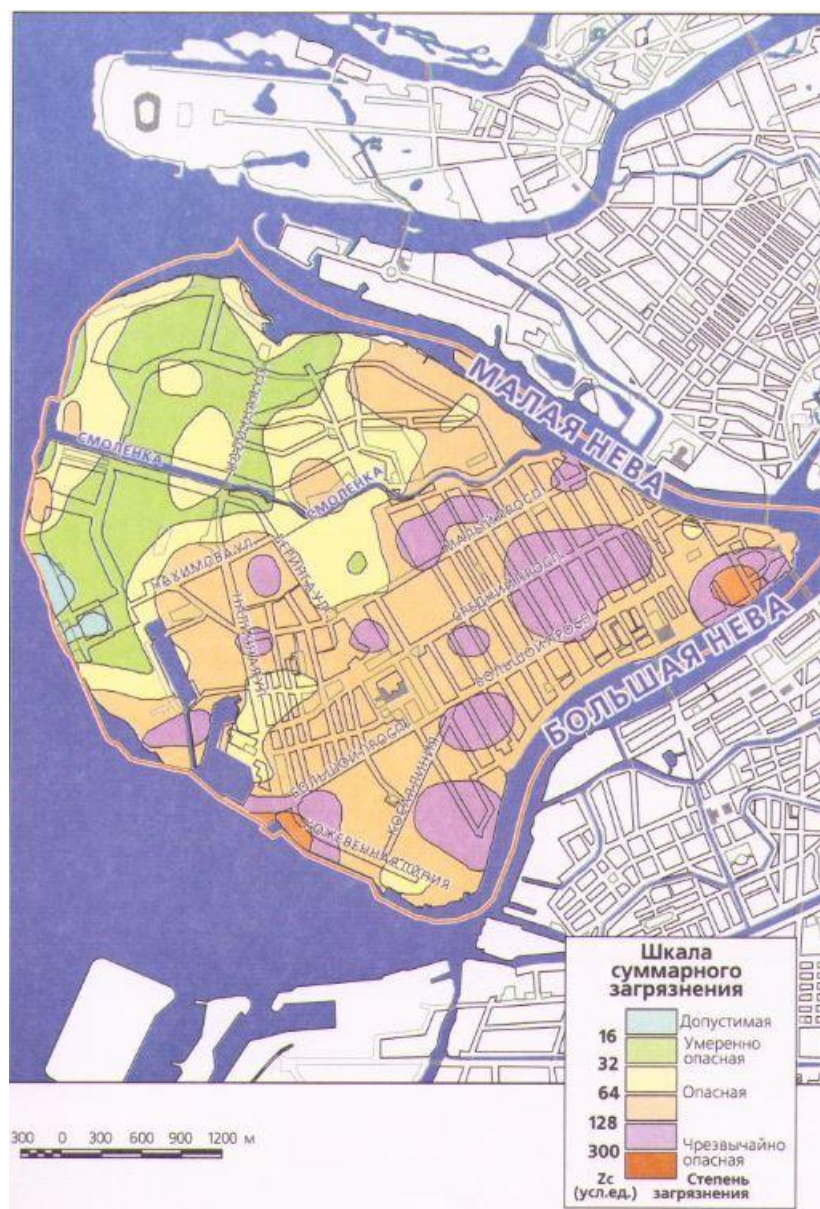


Рис. 7 Схема суммарного загрязнения почв Василеостровского района тяжелыми металлами (Экологическая обстановка в районах СПб, 2003)

«Участки химического загрязнения в основном связаны с деятельностью предприятий района – заводами «Прибой», «Севкабель», «Эскалатор», «Муза», «Электроаппарат», Балтийским заводом, СПбГУ. Несколько участков чрезвычайно опасного загрязнения связаны с влиянием автотранспорта – в районе Среднего и Большого проспектов, на пересечении Наличной улицы и Малого проспекта.»

Василеостровский район существенно загрязнен ТМ и занимает 4 место в городе по степени загрязненности (Экологическая обстановка в районах СПб, 2003).

1.5.3 Содержание тяжелых металлов в почвах Выборгского района

Среднее содержание Zn в почвах района превышает ПДК в 5 раз, Pb – в 4 раза. Средняя величина $Z_c = 36$ условных единиц, что, хотя и соответствует опасному загрязнению почв, но ниже среднегородской величины суммарного показателя загрязнения (56 усл.ед.) (Экологическая обстановка в районах СПб, 2003).

На рис. 8 приведена схема суммарного загрязнения почв Выборгского района тяжелыми металлами.

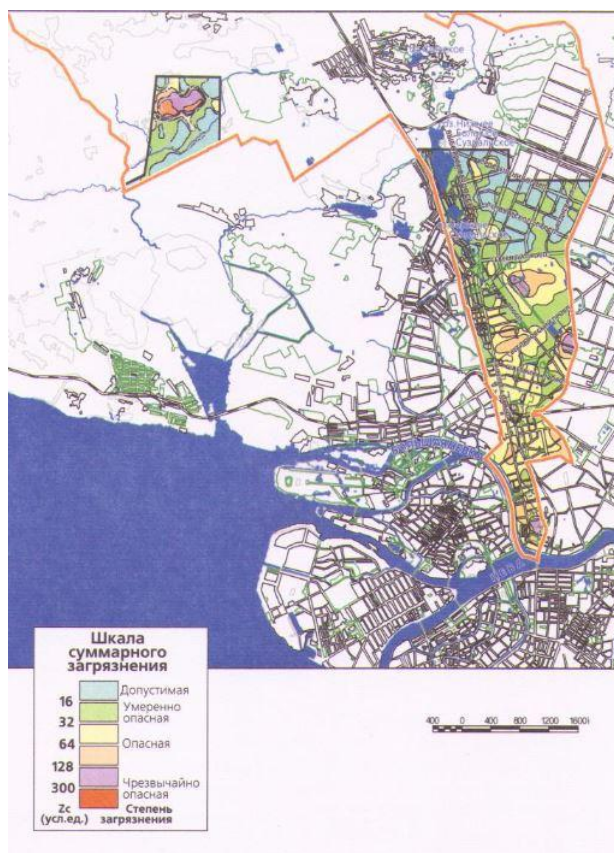


Рис. 8 Схема суммарного загрязнения почв Выборгского района тяжелыми металлами (Экологическая обстановка в районах СПб, 2003)

Согласно рис. 8 один из участков химического загрязнения расположен в районе улицы Курчатова и связан с деятельностью НПО «Позитрон» и Института им. Иоффе, другой – в районе Финляндского вокзала, а третий – на территории Сосновского лесопарка и связан скорее всего со стрельбищем.

Необходимо отметить, что территории района расположены полигон ТБО «Новоселки» и поля фильтрации Северной станции аэрации Водоканала СПб. Данные объекты повышенного экологического риска оказывают негативное воздействие на окружающую среду, однако сфера их влияния на почвы ограничивается первыми сотнями метров (Охрана окружающей среды..., 2013).

По степени химического загрязнения Выборгский район занимает 14 место в городе и является относительно благополучным.

1.5.4 Содержание тяжелых металлов в почвах Калининского района

Среднее содержание Zn в почвах района превышает ОДК в 5 раз, Pb – в 4 раза.

Средняя величина Zс составляет 48 усл.ед. (Экологическая обстановка в районах СПб, 2003), что, хотя и соответствует опасному загрязнению почв, но ниже среднегородской величины. Карта суммарного загрязнения Калининского района тяжелыми металлами показана на рис. 9.

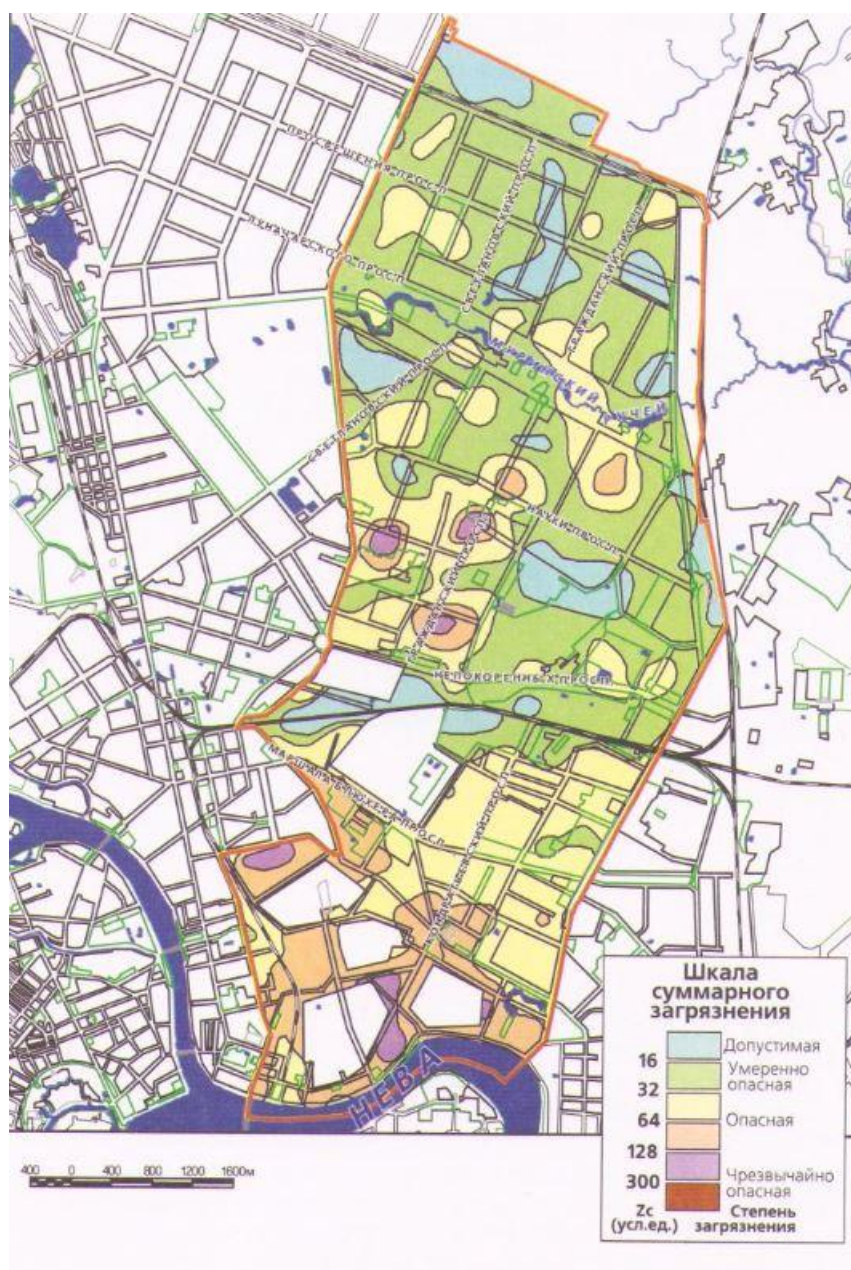


Рис. 9 Карта суммарного загрязнения почв Калининского района тяжелыми металлами (Экологическая обстановка в районах СПб, 2003)

Участки химического загрязнения занимают суммарно 0,6 км², т.е. около 1 % территории района. Следует, однако, отметить, что территории ряда предприятий – источников загрязнения в южной зоне не были обследованы Комитетом по природопользованию, охране окружающей среды и экологической безопасности Администрации Санкт-Петербурга и могут быть загрязнены в чрезвычайно опасной степени (Охрана окружающей среды..., 2013).

По степени химического загрязнения Калининский район занимает 10 место в городе.

1.5.5 Содержание тяжелых металлов в почвах Кировского района

Содержание цинка в почвах Кировского района превышает ОДК в 5 раз, свинца – в 6 раз, кадмия – в 3 раза, мышьяка – в 3 раза. Данные содержания превышают среднегородские уровни загрязнения почв ТМ. Средняя величина суммарного показателя загрязнения почв района составляет 78 усл.ед., что соответствует опасному загрязнению почв и в 1,4 раза выше среднегородской величины показателя Zc (56 усл.ед.). На рис. 10 показана схема суммарного загрязнения почв Кировского района тяжелыми металлами.

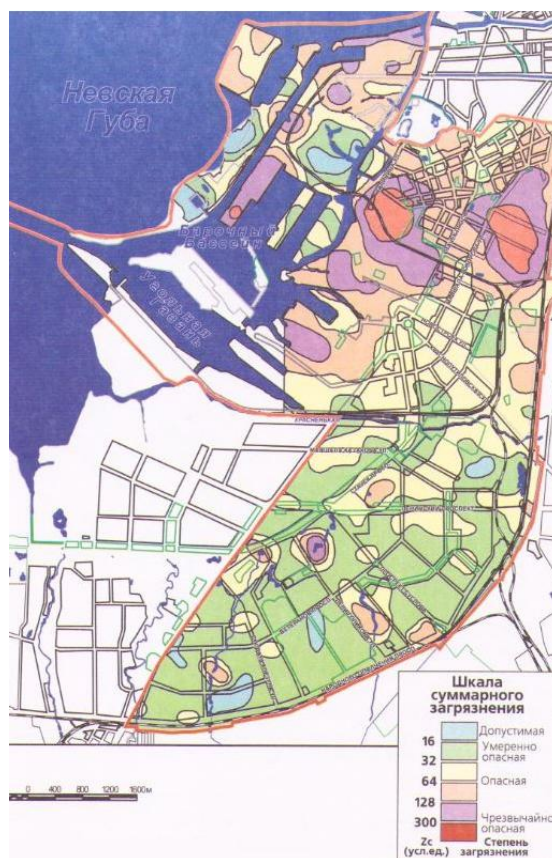


Рис. 10 Схема суммарного загрязнения почв Кировского района тяжелыми металлами (Экологическая обстановка в районах СПб, 2003)

Необходимо отметить, что это один из немногих районов города, где превышен норматив по мышьяку.

Предприятия-загрязнители Кировского района:

- «Северные верфи»;
- «Кировский завод» (наибольший вклад в загрязнение);
- «Аккумуляторный завод» (наибольший вклад в загрязнение);
- Завод «Армалит»;
- «Красный химик»;
- НПФ «Пигмент»;
- Москвой порт.

На территории района расположено 13 участков чрезвычайно опасного загрязнения, имеющих полиэлементную природу и 1 участок ртутного загрязнения почв.

1.5.6 Содержание тяжелых в почвах Красногвардейского района

Среднее содержание цинка в почвах Красногвардейского района превышает ОДК в 10 раз, свинца – в 5 раз, кадмия – в 4 раза. Кроме того, для района характерны повышенные (относительно среднегородских уровней) содержания меди, хрома и максимальные для города – висмута.

Данные высокие содержания сказываются и на величине показателя суммарного загрязнения почв ТМ, средняя величина которого для района по данным Комитета по природопользованию администрации Санкт-Петербурга составляет 79 усл.ед., что соответствует опасному загрязнению почв и в 1,4 раза выше среднегородской величины показателя Zc (56 усл.ед.) (Экологическая обстановка в районах СПб, 2003). На рис. 11 представлена схема суммарного загрязнения почв территории данного района тяжелыми металлами.

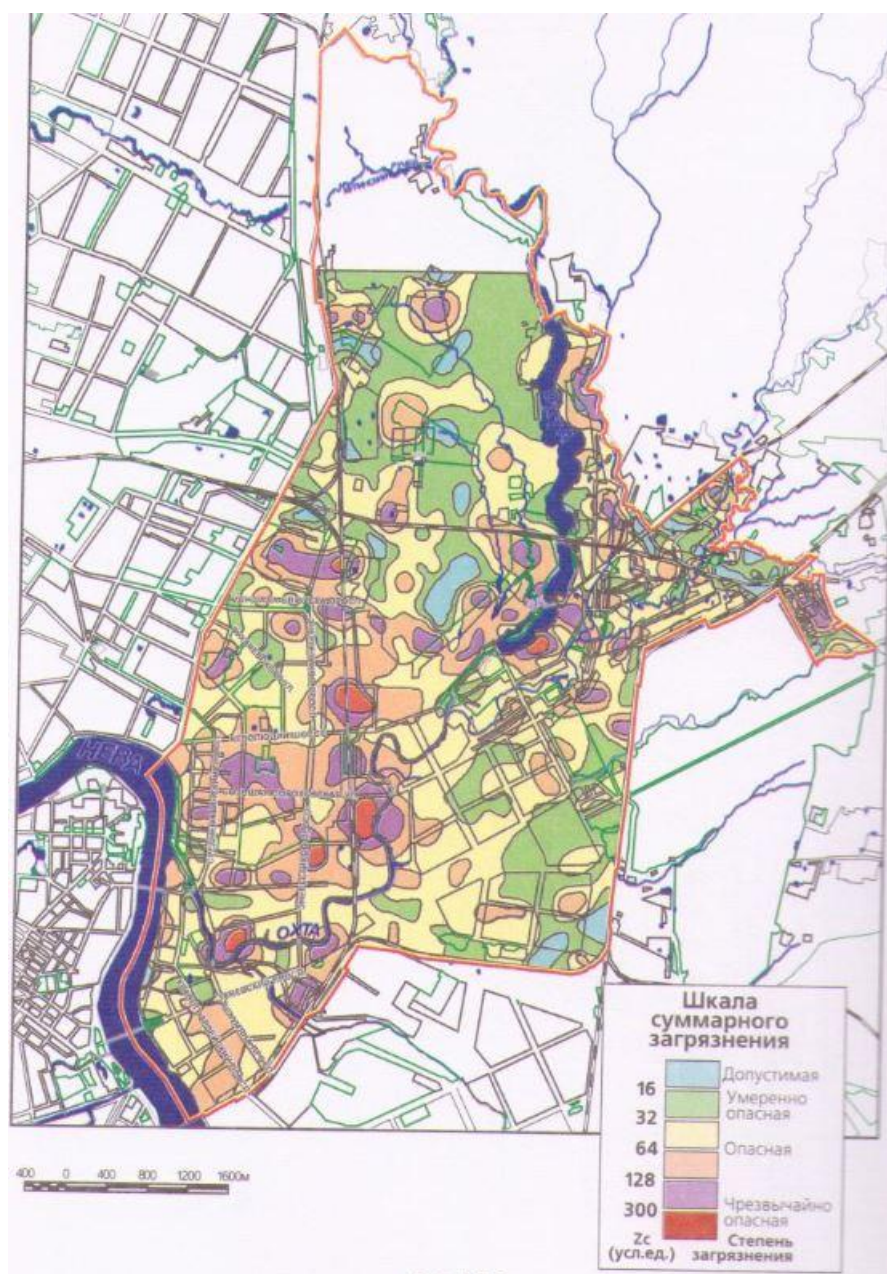


Рис. 11 Схема суммарного загрязнения почв Красногвардейского района тяжелыми металлами (Экологическая обстановка в районах СПб, 2003)

Согласно исследованию, проведенному в рамках Программы стратегического развития РГПУ им. А. И. Герцена на 2012–2016 годы значения Z_c варьируются от 9,4 до 221,59 усл. ед., составляя в среднем для всего Красногвардейского района 43,72 условные единицы, что соответствует опасному уровню загрязнения почв. Максимальное значение показателя суммарного загрязнения наблюдается на юго-западе района, наименьшие показатели Z_c зафиксированы на востоке района (Нестеров и др., 2012).

1.5.7 Содержание тяжелых металлов в почвах Кронштадтского района

В результате работ, проведенных Комитетом по природопользованию Администрации Санкт-Петербурга на территории Кронштадтского района, было установлено, что среднее содержание цинка в почвах района превышает ОДК в 10 раз, свинца – в 6 раз, содержание кадмия – на уровне ОДК (Экологическая обстановка в районах СПб, 2003).

Средняя величина показателя суммарного загрязнения почв ТМ для района составляет 58 усл.ед., что соответствует опасному загрязнению почв и равно среднегородской величины показателя Zс.

На рис. 12 показана схема суммарного загрязнения почв Кронштадтского района



Рис. 12 Схема суммарного загрязнения почв Кронштадтского района (Экологическая обстановка в районах СПб, 2003)

На территории района расположено 10 участков чрезвычайно опасного загрязнения, имеющих в своем большинстве полиэлементную природу, причем

6 из них имеют площадной характер и занимают суммарно 0,78 км² (т.е. около 6% территории района в целом и 10% от хозяйственно освоенной восточной части района).

По степени химического загрязнения Кронштадский район занимает 9 место в городе, однако, для восточной части можно говорить о 3-4 месте, что подтверждает высокую значимость для него химического фактора риска.

1.5.8 Содержание тяжелых металлов в почвах Курортного района

Обследование загрязнения почв Курортного района тяжелыми металлами, выполненное сотрудниками ГП «Севзапгеология», показало, что территория района незначительно (относительно для фона области) загрязнена свинцом, цинком, медью, оловом (Экологическая обстановка в районах СПб, 2003).

На рис. 13 приведена схема распределения содержаний свинца, на основе которой видно, что ореол повышенных его содержаний наблюдается в полосе вдоль Приморского шоссе в месте его сближения с железной дорогой. Здесь общий уровень концентраций свинца составляет 40-60 мг/кг, при среднерайонном уровне в 30-50 мг/кг.

Таким образом, задача оценки реальных уровней загрязнения населенных пунктов Курортного района стоит достаточно остро, по имеющимся данным, уровень загрязнения района тяжелыми металлами можно классифицировать как начальный (Горький, Петрова, 2009).

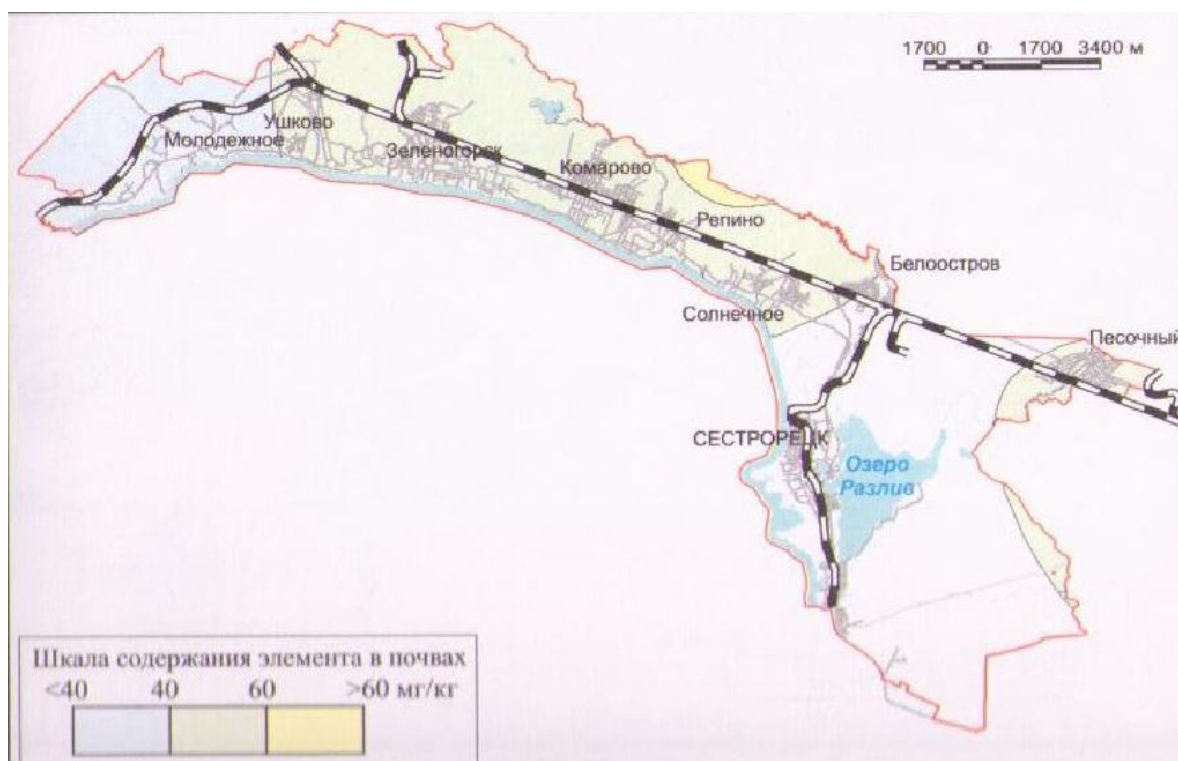


Рис. 13 Схема содержания свинца в почвах Курортного района (Экологическая обстановка в районах СПб, 2003)

1.5.9 Содержание тяжелых металлов в почвах Невского района

В результате обследования загрязненности почв тяжелыми металлами установлено, что территория Невского административного района интенсивно загрязнена ТМ, причем содержание хрома, молибдена, марганца, ванадия превышает средние значения для исторического центра города (Комитет по природопользованию, охране окружающей среды и экологической безопасности Администрации Санкт-Петербурга).

Характеристика наличия в почве хрома – до 20 ПДК, меди- до 2 ПДК, цинка – до 10 ПДК, свинца – до 4 ПДК (табл. №1).

Таблица 1. Содержание тяжелых металлов и мышьяка в почвах Невского района

Элемент	Районный фон	Среднее содержание	Min	Max
Hg	0,03	0,35	0,00	38,00
Pb	19,10	128,61	2,50	9303,00
As	2,62	6,20	1,50	15,79
Cd	0,17	0,79	0,01	3,26
Zn	43,10	337,55	25,00	500,38

Выявлены повышенные содержания мышьяка, превышающие среднегородские до 1,5 ПДК, что сказывается и на величине показателя суммарного загрязнения почв ТМ. Присутствуют источники поступления мышьяка (Завод ЖБИ-5 «Баррикада», золоотвал ТЭЦ № 2)

Левобережье в целом загрязнено в большей степени, что хорошо видно по распределению ртути, свинца, кобальта, никеля. В то же время загрязнение медью, цинком, марганцем двух половин района примерно одинаковое, тогда как загрязнение ванадием выше на Правобережье (Экологическая обстановка в районах СПб, 2003).

По степени загрязнения тяжелыми металлами Невский административный район занимает 8 место в городе, что характеризует его как загрязненного на среднегородском уровне, но в то же время следует учитывать, что загрязнение отдельных частей района значительно выше и значимость химических факторов риска для данной территории очень велика.

Показатель суммарного загрязнения почво-грунтов для района находится в пределах 70 усл.ед., что соответствует опасной категории. Кроме того, на территории Невского района расположены участки чрезвычайно опасного загрязнения, имеющие полиэлементную природу. На рис. 14 отражена схема суммарного загрязнения почв данного района тяжелыми металлами.

Согласно этому, следует вывод, что район занимает одно из первых мест в городе по площади интенсивно загрязненных почв.

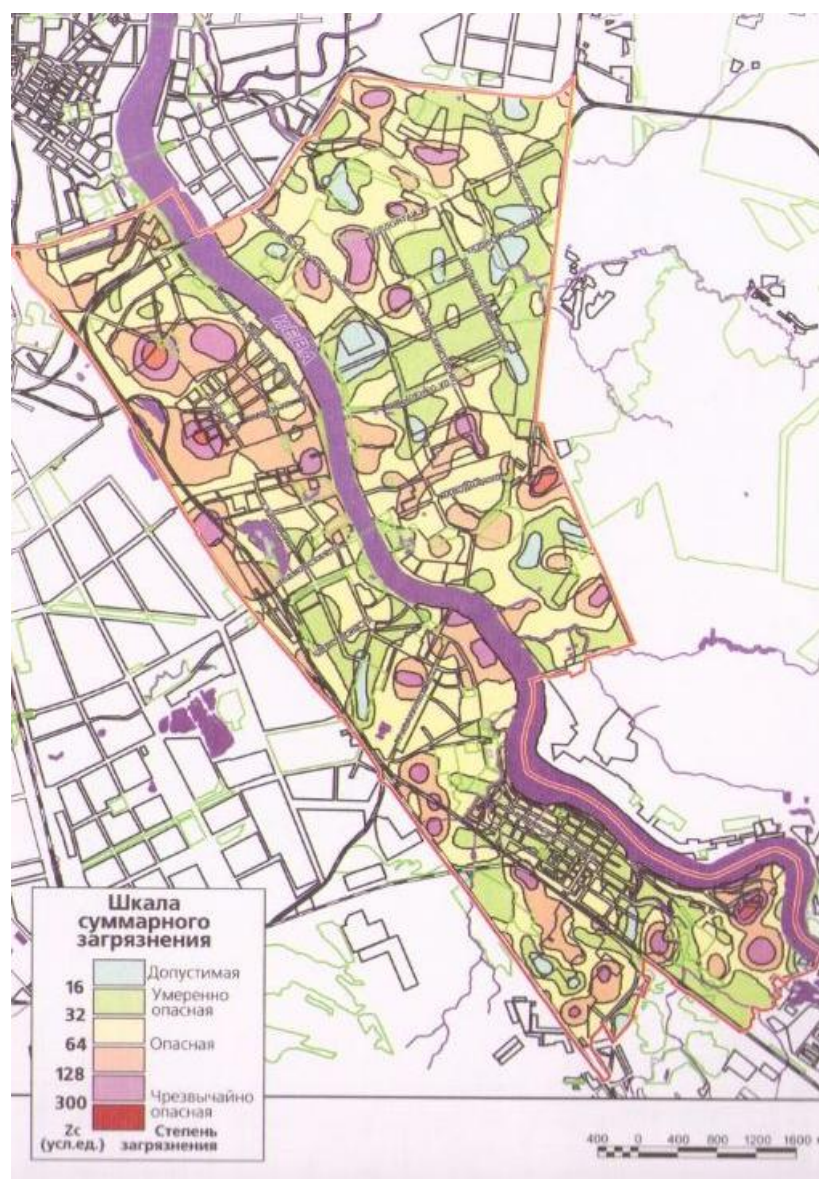


Рис. 14 Схема суммарного загрязнения почв Невского района (Экологическая обстановка в районах СПб, 2003)

1.5.10 Содержание ТМ в почвах Пушкинского района

В настоящее время 75% территории Пушкинского района по характеру землепользования относится к сельскохозяйственной функции.

«Наблюдается загрязнение земель несанкционированными свалками. Отсутствие канализирования промзоны «Шушары» и индивидуального жилищного строительства п. Александровская приводят к загрязнению земель неочищенными стоками. Существенное влияние на состояние почв оказывает наличие транспортных магистралей: железная дорога, автотрассы, военный аэродром, близость Пулковского аэропорта.» (Экологическая обстановка в районах СПб, 2003).

Содержание цинка в почвах района превышает ПДК в 2,5 раз, кадмия – в 4 раза. Данные уровни не превышают среднегородских, однако слишком велики для города-парка. Средняя величина суммарного показателя загрязнения для района составляет 27 усл.ед, что соответствует умеренно-опасному загрязнению почв, обычному для окраинных районов города.

По степени загрязнения ТМ Пушкинский район занимает 16 место в городе, что характеризует его как относительно химически незагрязненного. В то же время, следует обратить внимание на высокие уровни загрязнения территорий Пушкинских парков – особенно Александровского, в пределах которого велика доля опасно загрязненных территорий, а также выявлен ареал чрезвычайно опасно загрязненных грунтов (Экологическая обстановка в районах СПб, 2003).

На территории Пушкинского района расположены 3 промзоны: Шушары, Восточная, Южная.

Наибольший вклад в загрязнение окружающей среды вносят следующие предприятия (Горький, Петрова, 2009):

- Юго-Западный Водоканал»;
- ЗАО «Царскосельский завод»;
- МОЗ-335;
- Асфальтобетонный завод (АБЗ-1);
- Пушкинская КЭЧ;
- АОЗТ «Престиж»;

- Автотранспортные предприятия;
- Сельскохозяйственные предприятия, животноводческие комплексы.

1.5.11 Содержание тяжелых металлов в почвах Петроградского района

Среднее содержание цинка в почвах Петроградского района превышает ОДК в 9 раз, свинца – в 54 раз, кадмия – в 3 раза. Данные значения превышают среднегородские, примерно в 1,3 – 1,8 раза, что оказывает влияние на величину суммарного показателя загрязнения, средняя величина которого для района составляет 72 усл.ед., что соответствует опасному загрязнению почв (приближаясь к чрезвычайно опасному) и выше среднегородской величины данного показателя (Экологическая обстановка в районах СПб, 2003).

На рис. 15 приведена схема суммарного загрязнения почв, на основании которой можно сделать вывод, что практически вся территория района загрязнена в опасной степени. В умеренно опасной степени загрязнена только небольшая часть Крестовского и Каменного островов.

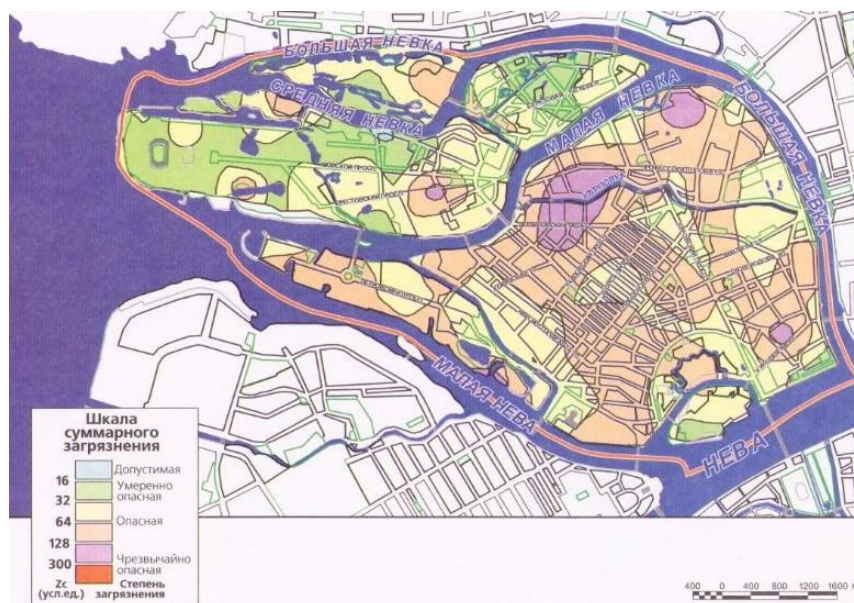


Рис. 15 Схема суммарного загрязнения почв Петроградского района тяжелыми металлами (Экологическая обстановка в районах СПб, 2003)

Источником загрязнения в основном является автотранспорт и ряд предприятий в дельте р. Карповки. Кроме того, на территории района располагаются предприятия вдоль Петровского проспекта, РНЦ «Прикладная химия» и др. Также на территории Петроградского района расположено 9 участков чрезвычайно опасного загрязнения, имеющих полиэлементную природу.

По степени загрязнения ТМ район занимает 7 место, что характеризует его как загрязненного на среднегородском уровне. Однако следует учитывать, что загрязнение его отдельных частей существенно выше и значимость химических факторов риска для района очень высока, особенно – с учетом высокого уровня загрязнения органическими токсикантами (Горький, Петрова, 2009).

1.5.12 Содержание тяжелых металлов в почвах Московского района

Комитетом по природопользованию и охране окружающей среды и экологической безопасности Администрации Санкт-Петербурга установлено, что среднее содержание цинка в почвах Московского района превышает ОДК в 6 раз, свинца – в 4 раза. Данные уровни не превышают общегородских, что сказывается на величине суммарного показателя загрязнения почв ТМ, средняя величина которого для района составляет 41 усл.ед., что соответствует умеренно опасному загрязнению почв и ниже среднегородской величины показателя Zс.

На рис. 16 приведена схема суммарного загрязнения почв Московского района тяжелыми металлами, на основании которой видно, что северная часть района – Южная промзона города – характеризуется опасными и чрезвычайно опасными уровнями загрязнения, остальная – умеренно-опасным и допустимым уровнями. Ряд участков опасного загрязнения группируется вдоль железнодорожной ветки Лужского направления и Московского проспекта.

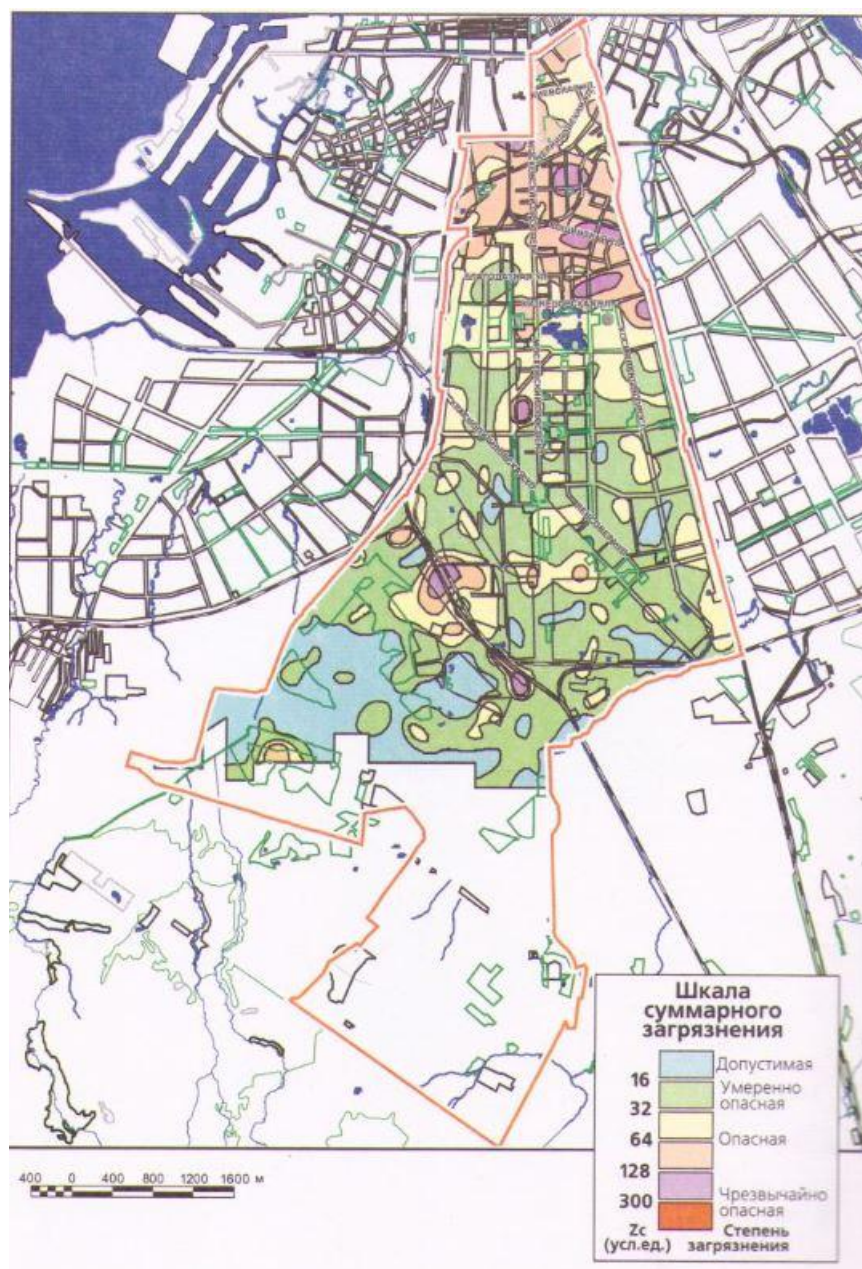


Рис. 16 Схема суммарного загрязнения почв Московского района тяжелыми металлами (Экологическая обстановка в районах СПб, 2003)

Таким образом, основными источниками загрязнения почв Московского района являются предприятия, формирующие Южную промзону, - от Обводного канала до Кузнецовской улицы, авто- и железнодорожный транспорт, не-санкционированные свалки на пустырях вдоль железной дороги. Основными предприятиями-загрязнителями являются НПФ «Пигмент», Объединение «Электросила», АО «Стройдеталь», авторемонтный и алюминиевый заводы, механический завод «Метрострой» и др.

По степени загрязнения Московский район занимает 13-е место в городе, что характеризует его как загрязненного на среднегородском уровне. Однако следует учитывать, что загрязнение его северной части существенно выше (Экологическая обстановка в районах СПб, 2003).

1.5.13 Содержание тяжелых металлов в почвах Петродворцового района

По данным Комитета по природопользованию установлено, что на территории Петродворцового района содержание цинка в почвах превышает ОДК в 4 раза, свинца – в 2 раза. Данные уровни существенно ниже среднегородских, что сказывается и на величине показателя суммарного загрязнения почв тяжелыми металлами, средняя величина которого для восточной части района составляет 24 условных единицы, что соответствует умеренно-опасному загрязнению почв и более чем в два раза ниже среднегородской величины показателя Z_c .

На рис. 17 приведена схема суммарного загрязнения почв, на основании которой видно, что практически вся территория района загрязнена в допустимой и умеренно-опасной степени. В опасной степени загрязнены только несколько участков в районе Арктического училища и Петергофского шоссе. Источником загрязнения в основном является транспорт.

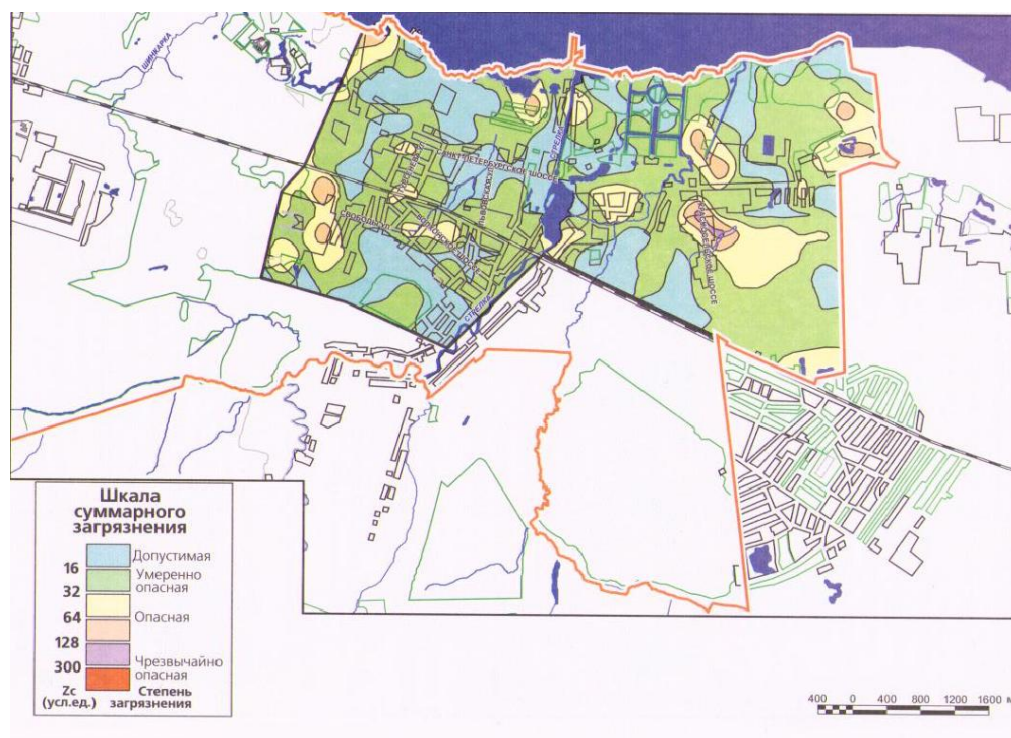


Рис. 17 Схема суммарного загрязнения почв Петродворцового района (Экологическая обстановка в районах СПб, 2003)

По данным Российского геоэкологического центра – филиала ФГУГП «Урангео» картина загрязнения почв центральной части Петродворцового района определяется следующими выводами (Горький, Петрова, 2009):

1. Почвы центральной части Петродворцового района на участке Стрельна-Университет испытывают слабое техногенное воздействие, не превышающее обычного для окраинных районов Санкт-Петербурга.

2. Наиболее интенсивно почвы загрязняются ртутью, свинцом, цинком (1 класс токсической опасности), хромом (2 класс) – что является спецификой данного участка города.

3. Процессами, в результате которых происходит максимальное поступление тяжелых металлов в окружающую среду, наряду с функционированием промышленности и транспорта в значительной степени является деятельность жилищно-коммунального комплекса.

4. Следует отметить высокий уровень загрязненности рядом элементов (Hg, Nd, Cu, Cr) почв рекреационных зон, в том числе ГМЗ «Петергоф», парк

«Александрия», являющихся местами массового отдыха населения и испытывающих значительную техногенную нагрузку от размещённых в их пределах хозяйственных объектов заповедника.

На данный момент на территории района выявлено 3 участка чрезвычайно опасного загрязнения, имеющих полиэлементную природу, причем только 1 из них имеет площадной характер и занимает суммарно 0,21 км² территории района (Горький, Петрова, 2009).

По степени загрязнения тяжелыми металлами Петродворцовый район занимает 18 место в городе, что характеризует его как наиболее химически незагрязненного.

1.5.14 Содержание тяжелых металлов в почвах Приморского района

В результате работ, проведенных сотрудниками Комитета по природопользованию, установлено, что содержание цинка в почвах Приморского района превышает ОДК в 4 раза, свинца – в 2 раза. Данные уровни существенно ниже среднегородских, что сказывается на величине показателя суммарного загрязнения почв тяжелыми металлами, средняя величина которого для района составляет 35 усл.ед., что, хотя и соответствует опасному загрязнению почв, но в 1,5 раза ниже среднегородской величины показателя Zс. В то же время, необходимо отметить, что средняя величина данного показателя для окраинных районов города равна 24 усл. ед. района (Экологическая обстановка в районах СПб, 2003).

На рис. 18 приведена схема суммарного загрязнения почв Приморского района, на основании которой можно сделать вывод, что территория района загрязнена в допустимой и умеренно-допустимой степени.

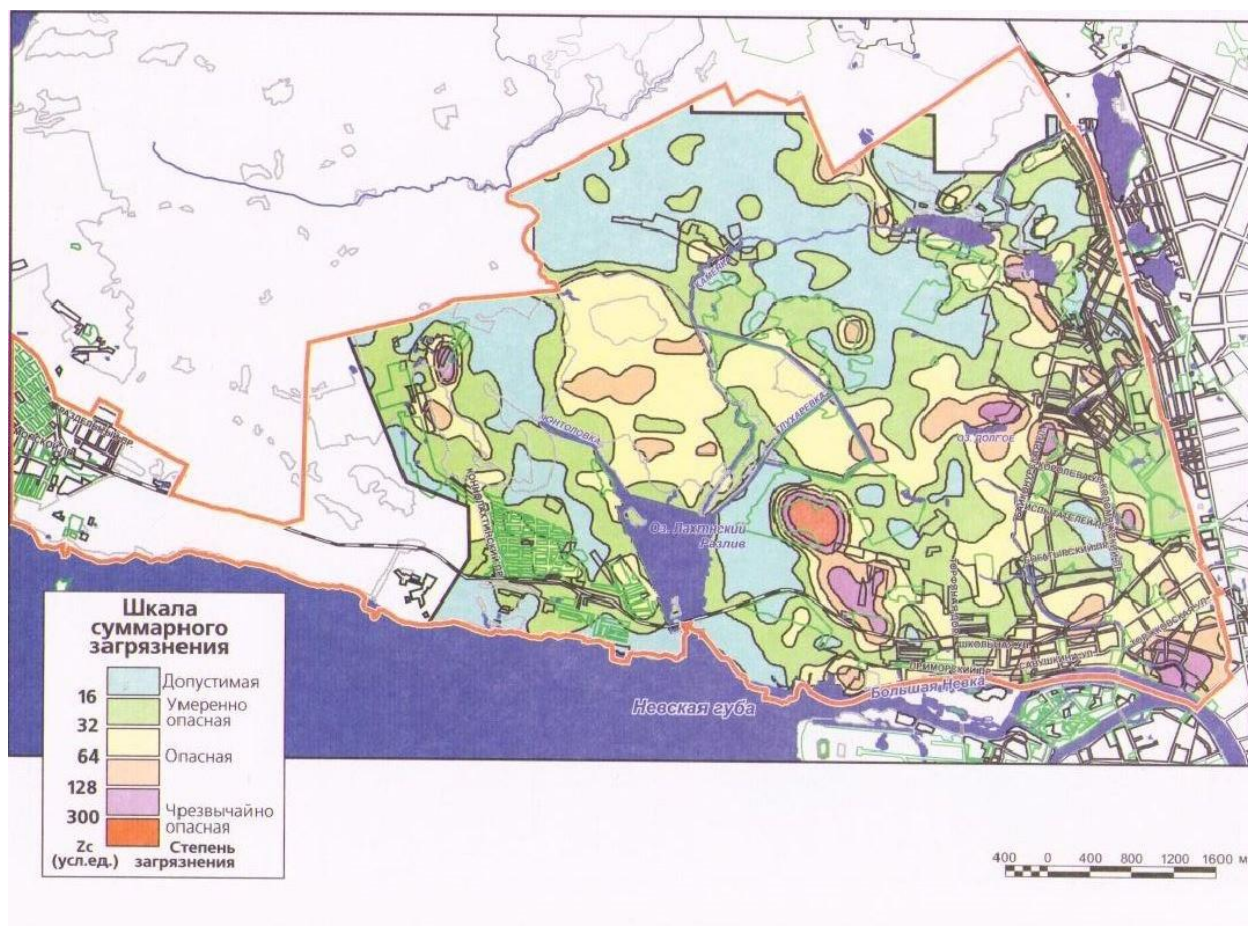


Рис. 18 Схема суммарного загрязнения почв Приморского района (Экологическая обстановка в районах СПб, 2003)

В опасной степени загрязнены только несколько участков вдоль Приморского шоссе, в районе оз. Долгого и в Коломьягах. Кроме того, загрязнены болотные почвы Юнтолового заказника и район расположения Приморской свалки. Таким образом, основным источником загрязнения в Приморском районе является не промышленность, а несанкционированные свалки и в меньшей степени – автотранспорт (Комитет по природопользованию..., 2012).

На данный момент на территории района выявлено 23 участка чрезвычайно опасного загрязнения, имеющих полиэлементную природу.

По степени загрязнения тяжелыми металлами Приморский район занимает 15 место в городе, что характеризует его как химически незагрязненного.

1.5.15 Содержание тяжелых металлов в почвах Фрунзенского района

На территории Фрунзенского района установлено, что среднее содержание цинка в почвах района превышает ОДК в 7 раз, свинца – в 4 раза. Величина суммарного показателя загрязнения района составляет 40 усл.ед., что соответствует умеренно опасному загрязнению почв и ниже среднегородской величины данного показателя (56 усл.ед.)

На рис. 19 приведена схема суммарного загрязнения почв района ТМ.

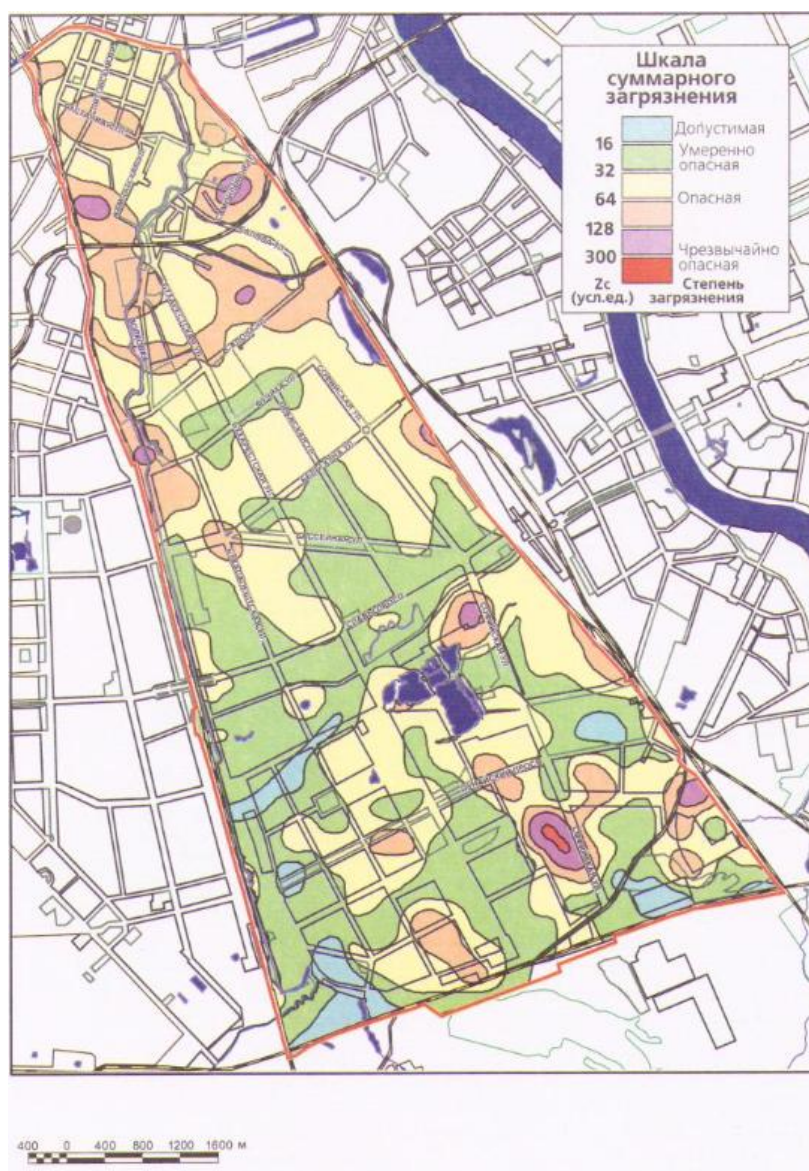


Рис. 19 Схема суммарного загрязнения почв Фрунзенского района (Экологическая обстановка в районах СПб, 2003)

Согласно данной схеме следует, что северная часть района, входящая в Южную промзону города, характеризуется опасными и чрезвычайно опасными уровнями загрязнения, остальная часть – умеренно - опасными и в меньшей степени – опасными уровнями района (Экологическая обстановка в районах СПб, 2003).

Т.о., основными источниками загрязнения почв Фрунзенского района являются предприятия, формирующие Южную промзону, авто- и железнодорожный транспорт, несанкционированные свалки на пустырях вдоль железной дороги.

По степени загрязнения тяжелыми металлами Фрунзенский район занимает 12 место в городе, что характеризует его как загрязненного на среднегогородском уровне.

1.5.16 Содержание тяжелых металлов в почвах Центрального района

В результате работ, проведенных на территории Центрального района установлено, что среднее содержание цинка в почвах превышает ОДК в 21 раз, свинца – в 6 раз, кадмия – в 3 раза (Комитет по природопользованию...). Следует отметить, что среднее содержание ртути превысило ПДК в 2,5 раза, кадмия – в 4 раза. Данные уровни в 1,5-3 раза превышают среднегогородские, что существенно сказывается на величине суммарного показателя загрязнения, составляющего для района 104 условных единицы (Экологическая обстановка в районах СПб, 2003), что соответствует опасному загрязнению почв, приближаясь к границе чрезвычайно опасного (128 усл.ед.) и в 2 раза превышает среднегогородской уровень.

На рис. 20 приведена схема суммарного загрязнения территории района тяжелыми металлами, на основании которой хорошо видно, что вся территория

района интенсивно загрязнена ТМ, причем 60% территории выше среднего-родского уровня.

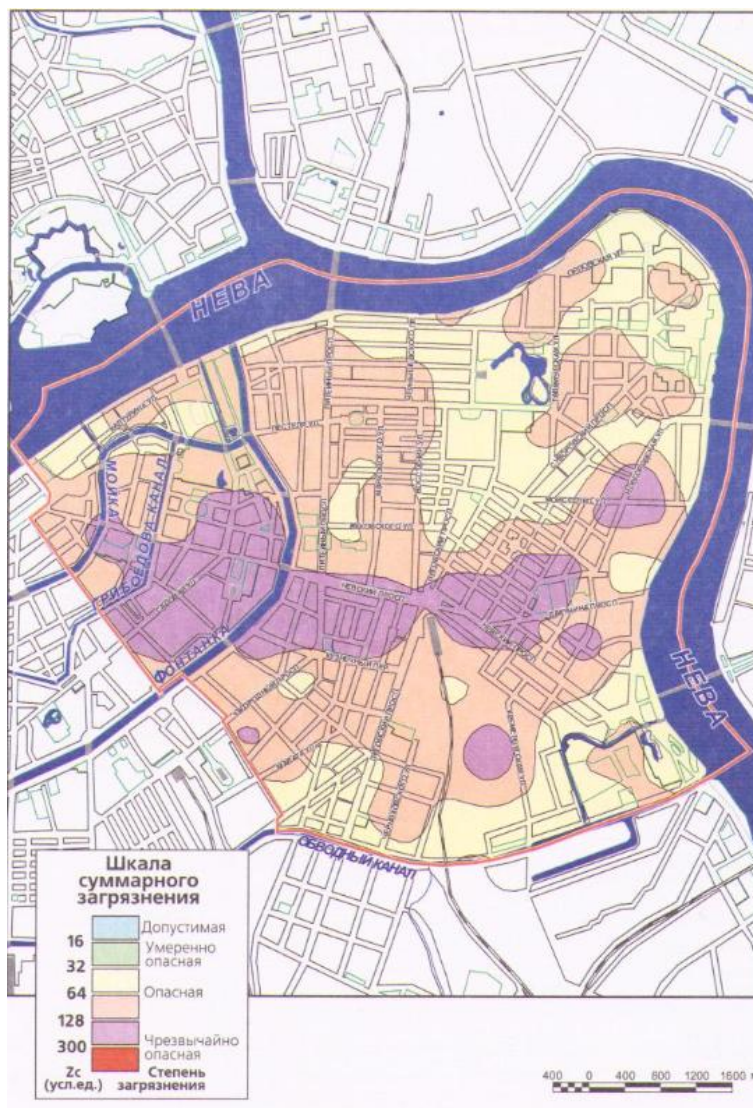


Рис. 20 Схема суммарного загрязнения почв Центрального района тяжелыми металлами (Экологическая обстановка в районах СПб, 2003)

По степени загрязнения ТМ Центральный район занимает 2 место в городе, что характеризует его как интенсивно химически загрязненный.

В табл. 2 представлены данные по содержанию тяжелых металлов в различных административных районах Санкт-Петербурга в валовой форме (данные получены в процессе производственной практики на предприятии в 2015 г.).

Таблица 2. Содержание тяжелых металлов (валовая форма) в почвах Невского, Петроградского, Адмиралтейского районов г. Санкт-Петербурга (мг/кг)

Элемент	Содержание, мг/кг								
Кадмий	0,48	0,27	0,31	0,15	0,16	2,91	0,21	0,3	0,35
Медь	32,5	70	28	16,25	18,1	29,22	21,3	29	41
Мышьяк	1,87	5,5	1,7	1,46	1,17	3,18	2,27	11	4,4
Никель	18,07	15	18	11,17	<0,040	9,72	2,51	41	13
Ртуть	0,033	0,42	0,12	0,013	0,014	0,22	0,185	0,36	1,5
Свинец	28,1	65	28	8,79	12,7	93,83	42,5	22	190
Цинк	37,6	146	49	28,47	37,1	72,8	93,9	90	150

В табл. 3 представлено среднее, максимальное, минимальное значение содержания валовых форм тяжелых металлов в почве территории некоторых районов г. Санкт-Петербурга (данные получены в процессе производственной практики на предприятии в 2015 г.).

Таблица 3. Среднее, максимальное, минимальное значение содержания валовых форм тяжелых металлов в почве территорий Василеостровского, Петродворцового районов г. Санкт-Петербурга (мг/кг)

Элемент	Среднее значение	Максимальное значение	Минимальное значение
Кадмий	0,57	2,91	0,15
Медь	31,71	70	16,25
Мышьяк	3,52	11	1,17
Никель	16,06	41	2,51
Ртуть	0,32	1,5	0,01
Свинец	54,55	190	8,79
Цинк	78,32	150	28,47

По данным Комитета по природопользованию охране окружающей среды и обеспечению экологической безопасности, опубликованных в обзоре «Охрана окружающей среды, природопользование и обеспечение экологической безопасности в Санкт-Петербурге в 2013 году» уровень загрязнения почв неравномерен по территории города (Охрана окружающей среды..., 2013) наиболее чистыми являются почвы районов, удаленных от центра города, а также почвы северной и южной окраин города. Средний уровень загрязнения почв на данной территории соответствует «умеренно опасному» ($Z_c < 32$). Северно-западные и северо-восточные районы города в среднем загрязнены в одинаковой степени, соответствующей $Z_c = 32$ усл. ед.

На рис. 21 приведены средние величины показателя суммарного загрязнения по основным типам землепользования, подтверждающие общую тенденцию усиления техногенного воздействия в ряду от биогенных ландшафтов к ландшафтам промышленных зон (Горький, Петрова, 2007).

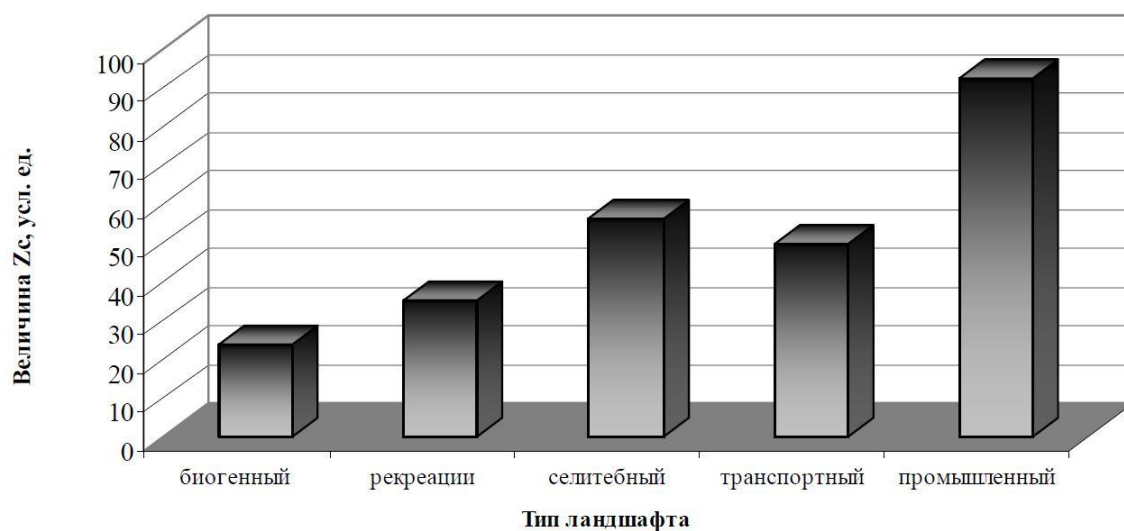


Рис. 21 Суммарное загрязнение почв различного вида хозяйственного использования (Горький, Петрова, 2007)

Табл. 4 и рис. 22 показывают, что в среднем в Санкт-Петербурге по величине показателя Z_c почвы селитебных зон относятся к категории опасно за-

грязненных, причем в трех районах приближаются к категории чрезвычайно опасно загрязненных (Горький, Петрова, 2007).

Таблица 4. Zс по селитебным зонам в районах г. Санкт-Петербург (Горький, Петрова, 2007)

Район Санкт-Петербурга	Количество проб	Статистические характеристики показателя Zс		
		Минимум	Максимум	Среднее
Адмиралтейский	255	1,1	1154,7	113,3
Василеостровский	256	0	983,6	82,2
Выборгский	422	0	690,7	34,6
Калининский	715	0	798,1	38,2
Кировский	380	0	482,8	46,6
Колпинский	58	22,15	38,93	31,50
Красногвардейский	422	0	7320,7	81,52
Красносельский	528	0	557,7	31,9
Кронштадский	59	0	632,6	60,6
Курортный	533	0	242,0	14,8
Ломоносовский	47	2,3	212,4	14,9
Московский	451	0	687,3	39,1
Невский	608	0	706,1	60,4
Петроградский	192	4,1	1132,2	90,35
Петродворцовый	82	0	101,4	27,6
Приморский	989	0	621,4	33,3
Пушкинский	460	6,6	364,3	36,6
Фрунзенский	424	0	449,4	41,5
Центральный	365	0	2023,5	111,7

Наиболее загрязненными являются жилые зоны районов исторического центра (Центральный, Адмиралтейский, Петроградский и Василеостровский) и районов, где жилые зоны чередуются с промышленными (Красногвардейский и Невский районы).

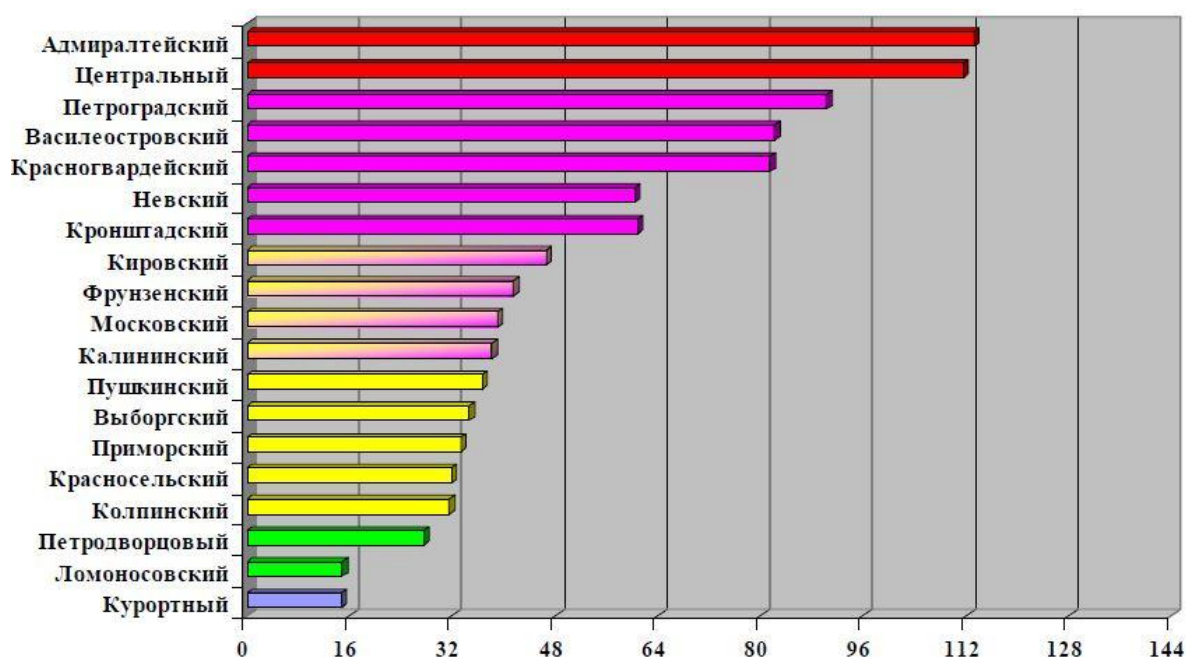


Рис. 22 Ранжирование районов г. Санкт-Петербург по степени суммарного загрязнения почв жилых зон (Горький, Петрова, 2007)

Необходимо подчеркнуть, что ранжирование районов по суммарному показателю загрязнения отличается от оценки качества почв по величинам ПДК и направлено на оценку потенциального риска вероятностных воздействий на здоровье населения, возникающих при загрязнении почв и грунтов.

ГЛАВА 2 Объекты и методы исследования

Исследование экологического состояния почв Санкт-Петербурга проводили в 2015-2016 годах. Объектом исследования являлся почвенный покров 3-х административных районов Санкт-Петербурга: Адмиралтейского, Колпинского и Пушкинского. Почвенные пробы были отобраны в соответствии с (ГОСТ 17.4.4.02-84).

2.1 Характеристика Адмиралтейского района

Адмиралтейский район — административно-территориальная единица Санкт-Петербурга. Расположен на левом берегу реки Невы. Современные границы района существуют с 11 марта 1994 года (после объединения Ленинского и Октябрьского районов) (рис.23).

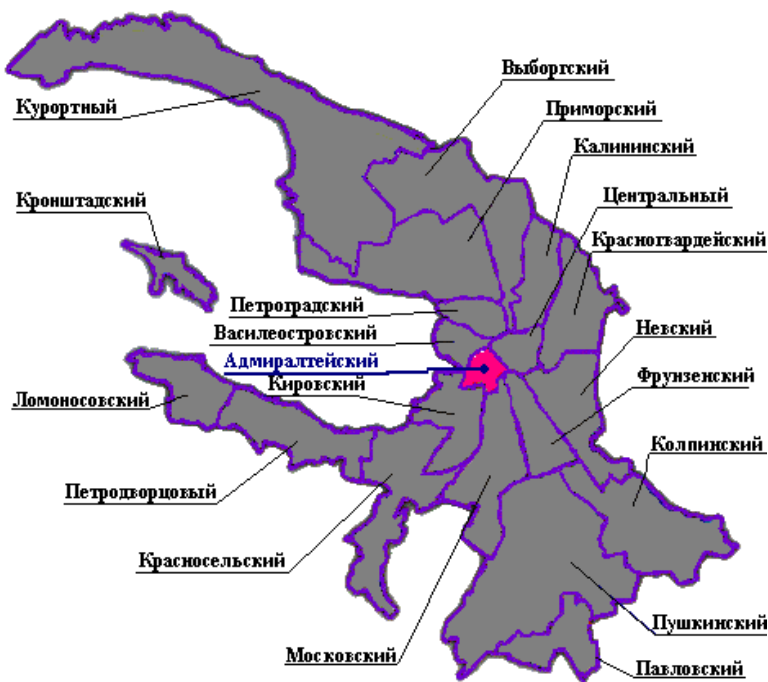


Рис. 23 Карта-схема расположения административных районов г. Санкт-Петербург. Сравнение размеров территории Адмиралтейского района с остальными районами города (<http://vh5402.narod.ru>)

Территорию района пересекают с востока на запад река Мойка, канал Грибоедова, река Фонтанка, Обводный канал, а также Садовая улица, а с севера на юг — две лучевых магистрали, протянувшиеся от Адмиралтейства — Гороховая улица и Вознесенский проспект, его продолжение Измайловский проспект, а также Московский, Лермонтовский и Старо-Петергофский проспекты. Большая часть территории района, между Большой Невой и Фонтанкой, входит в историческое ядро Петербурга, планировка которой сложилась, главным образом, в первой половине XVIII века.

На рис. 24 показана подробная карта Адмиралтейского района.

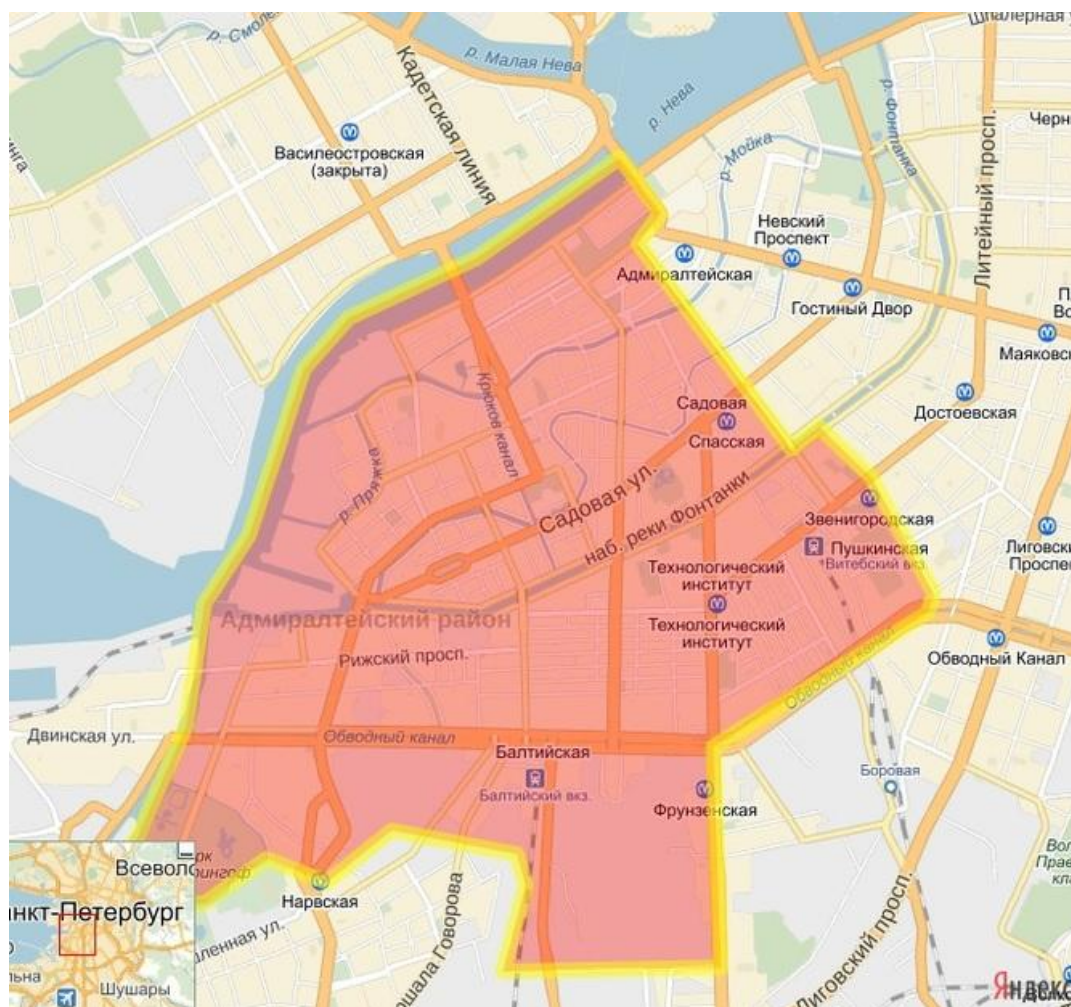


Рис. 24 Карта-схема Адмиралтейского района

(<https://yandex.ru/maps/2/saint-petersburg>)

Связь с другими районами города: Адмиралтейский — Василеостровский — мост лейтенанта Шмидта. Адмиралтейский — Кировский — Нарвский проспект, улицы Розенштейна и Шкапина. Адмиралтейский — Московский — Митрофаньевское шоссе, Московский проспект. Адмиралтейский — Фрунзенский — Рузовский мост.

Хотя Адмиралтейский район считается промышленным, за последнее время экологическая обстановка в нём несколько улучшилась. Основная причина заключается в том, что многие промышленные предприятия района не работают на полную мощность, часть предприятий находится в состоянии банкротства.

В районе расположены зеленые массивы садов Олимпия (между Клинским и Малодетскосельским проспектами), Измайловский сад (на Измайловском проспекте), Парк «Екатерингоф», Юсуповский сад, Никольский сад, Александровский сад и несколько скверов (<https://gov.spb.ru/>).

На территории Адмиралтейского района было отобрано 6 почвенных проб из 3-х прикопок:

1. прикопка № 1: пересечение ул. Шкапина и Библиотечного пер., 15 м от дороги (широта: 59°54'33''N, долгота:30°17'51'' E.). Глубина отбора проб: 1-5, 5-15 см. Количество проб - 2.
2. прикопка № 2: Набережная Обводного канала, вблизи дома №13-15, 15 м от дороги (широта: 59°56'51''N, долгота:30°25'36'' E). Глубина отбора проб: 0-5, 5-15 см. Количество проб - 2.
3. прикопка № 3: Жилой дом, ул. Дровяная, д. 8, 10 м от дома, 20 м от дороги (широта: 59°54'42''N, долгота:30°17'32'' E). Глубина отбора проб: 1-5, 5-17 см. Количество проб: 2.

На рис. 25 представлена карта расположения точек отбора почвенных образцов на территории данного района.

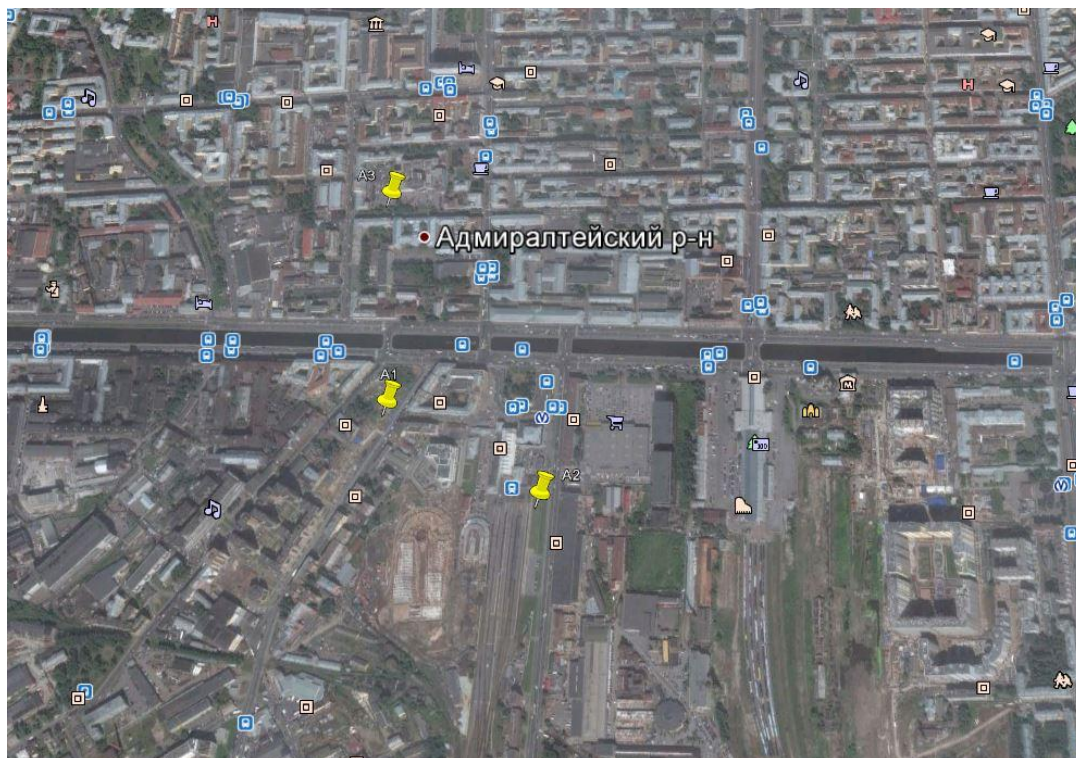


Рис. 25 Карта расположения точек отбора почвенных проб на территории Адмиралтейского района

2.2 Характеристика Колпинского района

Колпинский район Санкт-Петербурга расположен на юго-востоке города и граничит с Невским, Фрунзенским и Пушкинским районами Санкт-Петербурга, а также со Всеволожским (по р.Нева), Кировским и Тосненским районами Ленинградской области (рис.26).



Рис. 26 Карта-схема расположения административных районов г. Санкт-Петербург. Сравнение размеров территории Колпинского района с остальными районами города (<http://vh5402.narod.ru>)

Площадь района — 105,6 кв. км. Численность населения Колпинского района на 01.01.2014 года составила 185,5 тыс. человек (по информации Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по г. Санкт-Петербургу и Ленинградской области).

На рис. 27 изображена карта, отражающая подробную информацию о расположении основных частей Колпинского района.



Рис. 27 Карта-схема Колпинского района
(http://www.msk.allpn.ru/spb_rayons/kolpinskiy_rayon)

В число районов Ленинграда город Колпино был включен в августе 1936 года после ликвидации Пригородного района Ленинградской области. А в качестве административной единицы район окончательно сформировался после присоединения к городу Колпино в 1954 году Усть-Ижорского, Понтонного (1953г.) и Петро-Славянского (1954г.) поселковых Советов, входивших ранее в состав Тосненского района Ленинградской области (<https://gov.spb.ru>).

Сравнительно небольшой по территории — 7,5% территории Санкт-Петербурга, Колпинский район представляет собой городскую агломерацию с развитой транспортной инфраструктурой. Уникальность района заключается в том, что Колпино целенаправленно создавался как промышленный и индустриальный центр, ядром которого являлись Ижорские заводы. Эта тенденция сохранилась и в наше время. В районе зарегистрировано свыше 3500 предприятий различных форм собственности. В их числе 17 крупнейших, которые, занимая 15% территории, выпускают около 70% промышленной продукции, формируют основную долю налоговых поступлений в бюджет, обеспечивают рабочими местами почти 60% трудоспособного населения района (<http://snd.spb.ru>).

Почвы и почвообразующие породы. В соответствии с почвенно-географическим районированием Колпинский район расположен в Прибалтийской провинции южно-таежной подзоны дерново-подзолистых почв. Особенностью почвенного покрова является его разнообразие и пестрота в связи с характером почвообразующих пород, рельефа, условий увлажнения и дренажа.

Потенциал земельных ресурсов района не исчерпан. Четвертую часть площади района составляют земли запаса, а более 20% территории сдано в аренду пограничным сельскохозяйственным предприятиям ЛО. Это, и большой удельный вес земель, занятых промышленностью, является особенностью района. В Колпинском районе практически не осталось первичных, коренных ландшафтов. Естественная растительность на значительной площади заменена искусственными, культурными насаждениями.

По степени развития своего промышленно-производственного потенциала Колпинский район занимает 6 место среди других районов Санкт-Петербурга.

По официальным статистическим данным в районе зарегистрировано более 2,6 тыс. предприятий (организаций) различных форм собственности, в том числе 17 крупнейших промышленных предприятий, которые, занимая 15% территории района выпускают около 70% промышленной продукции района.

Более половины основных производственных фондов района концентрируются на одном из крупнейших в России и Санкт-Петербурге машиностроительном комплексе ОАО «Ижорские заводы». В составе основной выпускаемой продукции этого предприятия – экскаваторы и запчасти к ним, оборудование для АЭС.

Остальные предприятия района выпускают стройматериалы, сантехническое оборудование, продукцию деревообработки, судостроения и электротехнической промышленности (<http://snd.spb.ru>).

На территории Колпинского района было отобрано 12 проб почвы из 6-ти прикопок в районе железнодорожного полотна и жилищного комплекса, а также малозаселенной, но нагруженной транспортом части:

1. прикопка № 1: Заводской проспект, 23 м от дороги (широта: $59^{\circ}43'55''N$, долгота: $30^{\circ}34'47''E$). Глубина отбора проб: 1-5, 5-17 см.
2. прикопка № 2: Заводской проспект, д.38, 70 м от дороги, 46 м от дома (широта: $59^{\circ}43'52''N$, долгота: $30^{\circ}34'48''E$). Глубина отбора проб: 1-5, 5-15 см. Количество проб: 2.
3. прикопка № 3: Заводской проспект, д.38, 150 м от дороги, 46 м от дома (широта: $59^{\circ}43'50''N$, долгота: $30^{\circ}34'48''E$). Глубина отбора проб: 1-5, 5-18 см. Количество проб: 2.
4. прикопка № 4: 20 м от железнодорожного переезда, 15 м от железнодорожного полотна (широта: $59^{\circ}47'31''N$, долгота: $30^{\circ}30'17''E$). Глубина отбора проб: 1-5, 5-14 см. Количество проб: 2.
5. прикопка № 5: Пересечение ул. Пролетарской и ул. Танкистов, 100 м от дороги (широта: $59^{\circ}44'32''N$, долгота: $30^{\circ}33'27''E$). Глубина отбора проб: 1-5, 5-17 см. Количество проб: 2.
6. прикопка № 6: Пересечение ул. Пролетарской и ул. Танкистов, 80 м от дороги (широта: $59^{\circ}44'32''N$, долгота: $30^{\circ}33'28''E$). Глубина отбора проб: 1-5, 5-20 см. Количество проб: 2.

На рис.28 представлена карта расположения точек отбора в Колпинском районе.

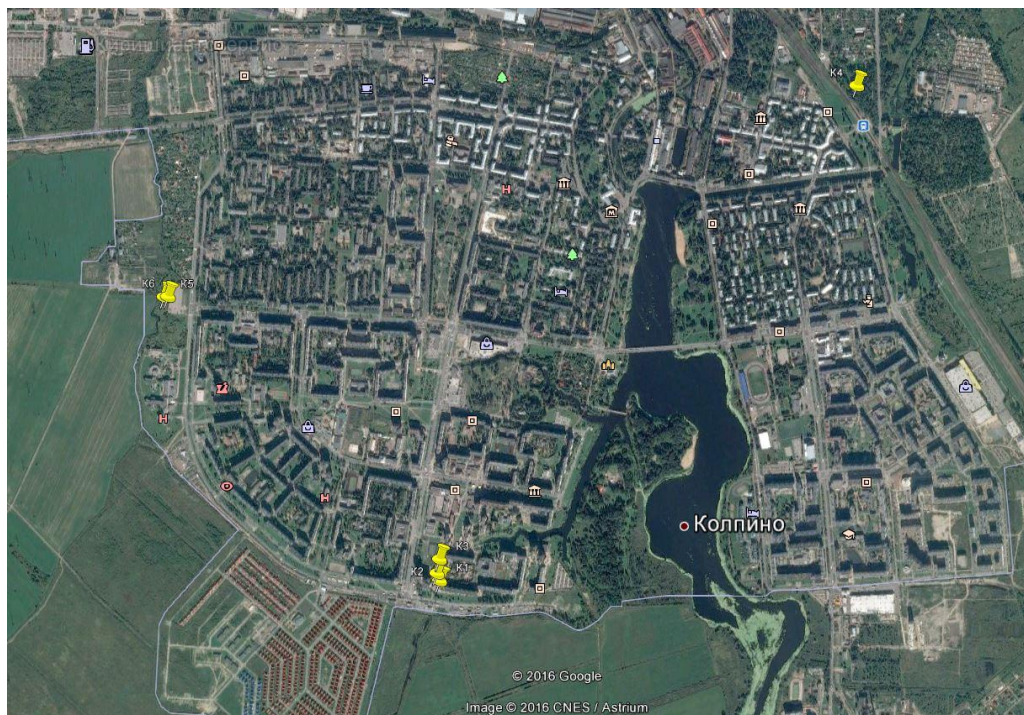


Рис. 28 Карта расположения точек отбора почвенных проб на территории Колпинского района

На рис. 29, 30 и 31 обозначены места отбора проб почвы в различных частях данного административного района города.



Рис. 29 Карта расположения точек отбора почвенных проб в части жилого комплекса Колпинского района

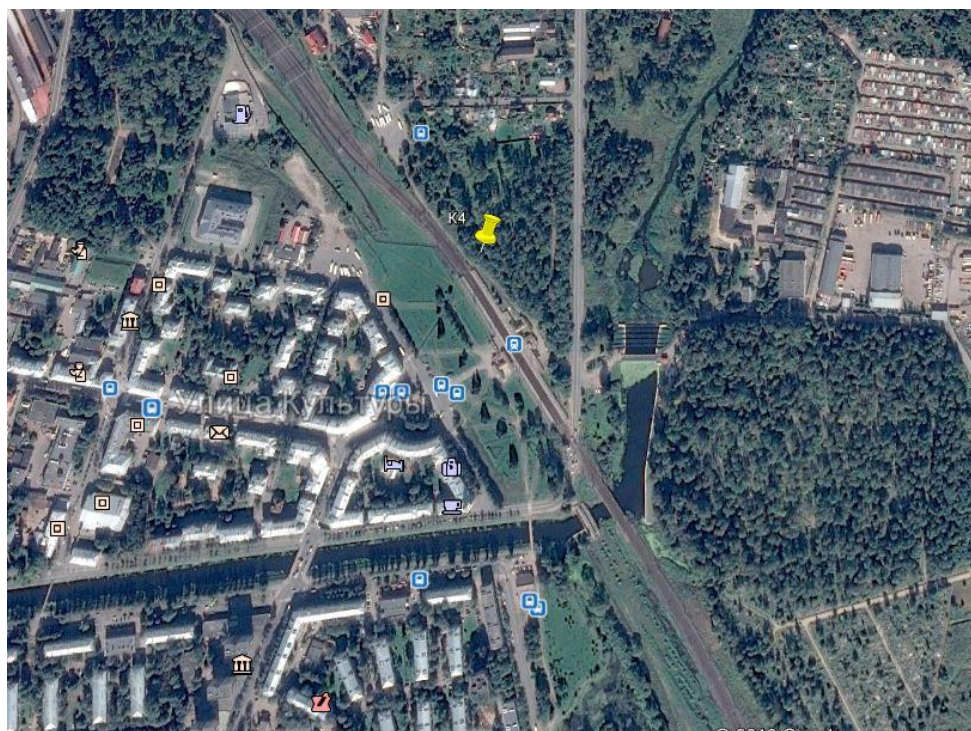


Рис. 30 Карта расположения точек отбора почвенных проб в районе железнодорожного полотна, располагающегося на территории Колпинского района

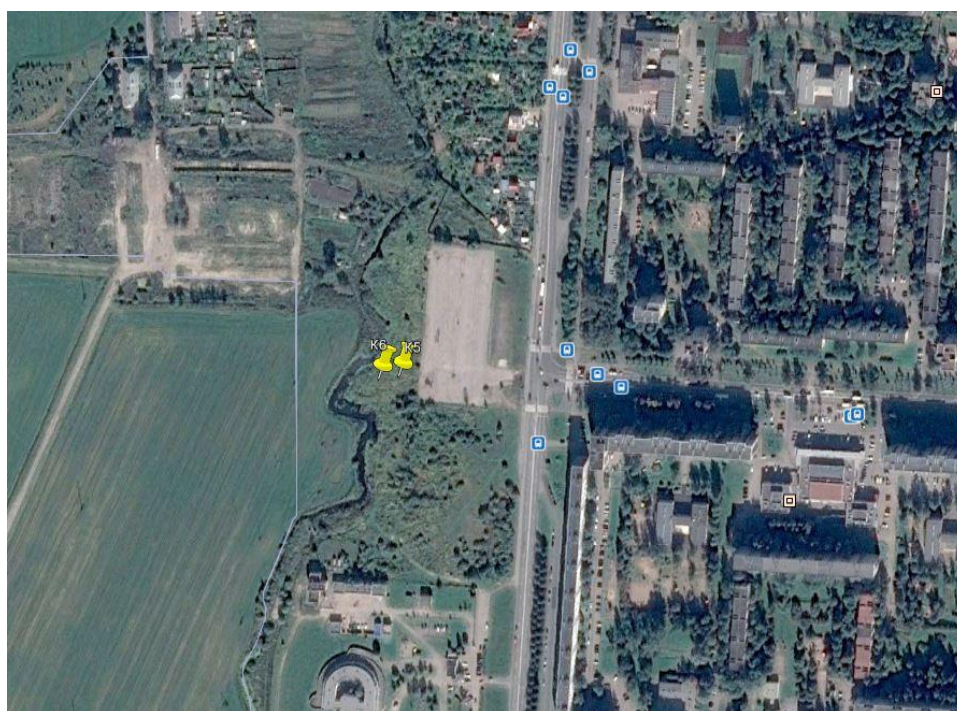


Рис. 31 Карта расположения точек отбора почвенных проб на территории Колпинского района (пересечение ул. Пролетарской и ул. Танкистов)

2.2 Характеристика Пушкинского района

Пушкинский район – крупнейший по площади административный район Санкт-Петербурга (по этому показателю он занимает второе место – после Курортного). Относится к числу пригородных: расположен за КАД, в южной части Петербурга, граничит с Московским, Фрунзенским, Колпинским районами Петербурга и Гатчинским районом Ленинградской области. В состав входят пять муниципальных образований: города Пушкин и Павловск, поселки Тярлево, Шушары и Александровская, которые включают в себя два города, 14 исторических зон и 12 территориальных зон.

На рис. 32 показана карта-схема расположения Пушкинского района по отношению к остальным районам г. Санкт-Петербурга.



Рис. 32 Карта-схема расположения административных районов г. Санкт-Петербург. Сравнение размеров территории Пушкинского района с остальными районами города (<http://vh5402.narod.ru>)

На рис. 33 отражена подробная схема территории Пушкинского района.

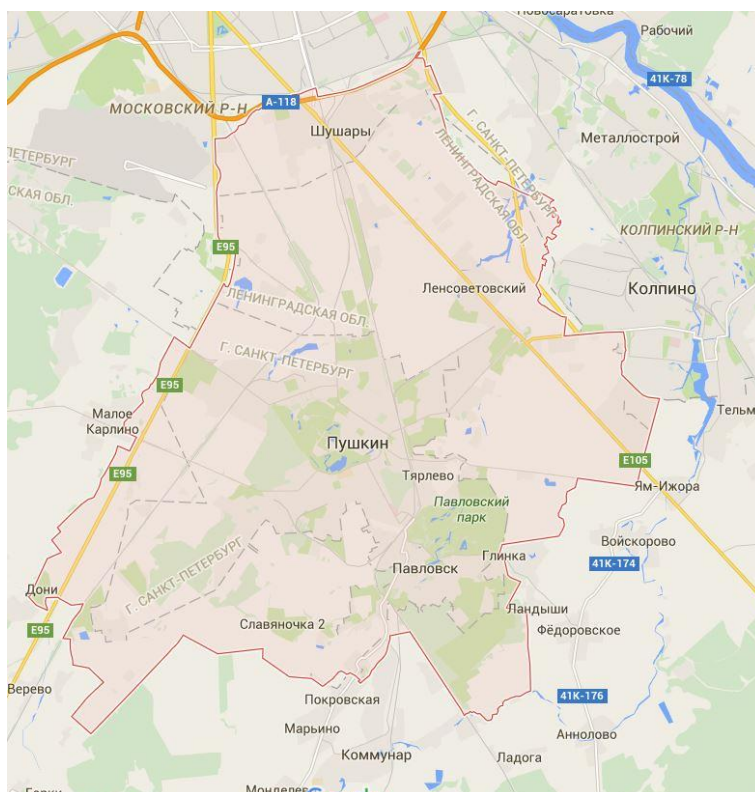


Рис. 33 Карта-схема Пушкинского района (<https://www.google.ru/maps>)

Общая территория Пушкинского района - 24032,6 га (16,7% от площади Санкт-Петербурга).

По данным Всероссийской переписи 2010 г. в Пушкинском районе проживает 136,0 тыс. человек или 2,79% населения Санкт-Петербурга, в т. ч. по муниципальным образованиям (<http://gov.spb.ru>):

- Пушкин – 92 889 человек,
- Павловск – 16 087 человек,
- поселок Шушары – 22 652 человек,
- поселок Александровская – 2 491 человек,
- поселок Тярлево – 1 854 человек.

Промышленность Пушкинского района представлена предприятиями машиностроительной отрасли, деревообрабатывающей, полиграфической, кож-галантерейной, пищевой, автомобильной, приборостроительной, а также пред-

приятиями оборонной отрасли. Значительную долю в этом секторе экономики представляют предприятия с участием иностранного капитала, в том числе составляющими автомобильный кластер (<http://gov.spb.ru>).

На территории Пушкинского района было отобрано 10 проб почвы их 5-ти прикопок, расположенных в районе железнодорожного полотна, жилищного комплекса и природного парка:

1. прикопка №1: ул. Железнодорожников, 63 м 64 см от железнодорожного переезда, 19 м 78 см от железнодорожного полотна (широта: 59°42'58'' N, долгота: 30°25'25'' E). Глубина отбора проб: 0-5, 5-14 см. Количество проб: 2.
2. прикопка № 2: 129 м от железнодорожного переезда, 19 м 78 см от железнодорожного полотна (широта: 59°43'13'' N, долгота: 30°25'50'' E). Глубина отбора проб: 0-5 (без дернины), 5-14 см. Количество проб: 2.
3. прикопка № 3: 192 м 64 см от железнодорожного переезда, 19 м 78 см от железнодорожного полотна (широта: 59°43'11'' N, долгота: 30°25'51'' E). Глубина отбора проб: 0-5 (без дернины), 5-15 см. Растительность-разнотравье (осока). Количество проб: 2.
4. прикопка № 4: через дорогу от ж/д полотна, ул. Железнодорожников, д.10, 192 м 64 см от железнодорожного переезда, 49 м 88 см от железнодорожного полотна, 8 м 6 см от дороги, расстояние до дома – 7 м 74 см (широта: 59°43'11'' N, долгота: 30°25'48'' E). Глубина отбора проб: 1-5 (без дернины), 5-19 см. Количество проб: 2.
5. прикопка № 5: Нижний парк, Колонистский пруд, противоположная Московскому шоссе сторона (Московским воротам), 150 м от Колонистского пруда (широта: 59°42'36'' N, долгота: 30°25'16'' E). Глубина отбора: 1-5, 5-19 см. Количество проб: 2.

Карта расположения точек отбора почвенных проб на территории Пушкинского района представлена на рис. 34.

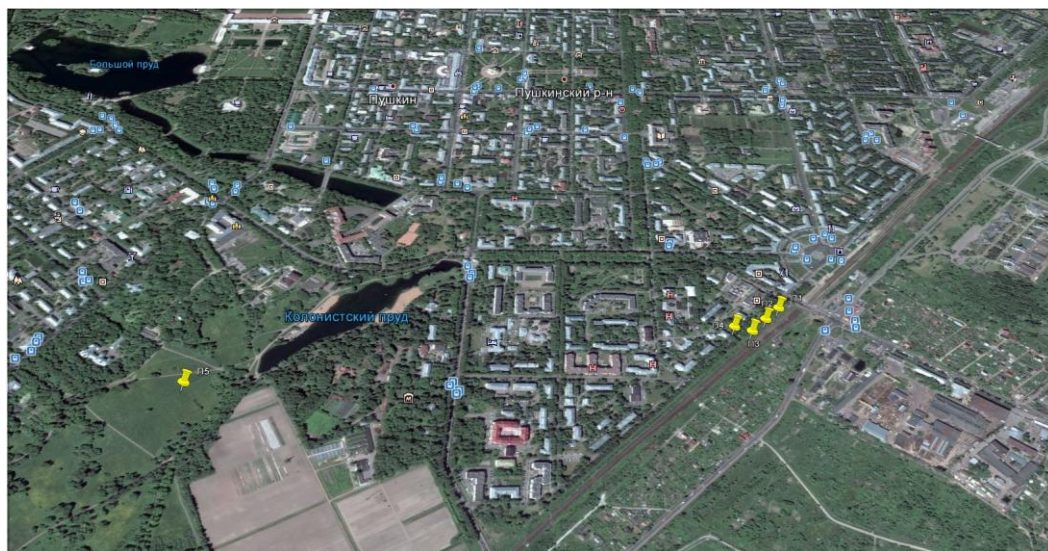


Рис. 34 Карта расположения точек отбора почвенных проб на территории Пушкинского района

Подробная карта расположения мест отбора в районе железнодорожного полотна и жилищного комплекса показана на рис. 35.



Рис. 35 Карта расположения точек отбора почвенных образцов на территории Пушкинского района

Отбор точечных проб из прикопок производили ножом. Масса пробы из каждого горизонта – 0,5 кг. Пробы почвы для химического анализа высушивали до воздушно-сухого состояния по ГОСТ 5180-75.

В почвенных пробах определяли pH_{KCl} потенциометрическим методом. Содержание кислоторастворимых соединений цинка, свинца и кадмия устанавливали атомно-абсорбционным методом на спектрометре МГА-915 с электро-термической атомизацией. Кислоторастворимые соединения ТМ извлекали 5М HNO_3 при температуре $100^{\circ}C$ согласно (ПНД Ф 16.1:2:2.2:2.3.62-09).

ГЛАВА 3 Оценка опасности загрязнения почв Санкт-Петербурга тяжелыми металлами

3.1 Методические подходы к оценке уровня загрязнения почв тяжелыми металлами

Оценку уровня загрязнения почвенно-растительного покрова ТМ проводили по показателям, разработанным при сопряженных биогеохимических исследованиях окружающей среды городов с действующими источниками загрязнения. Такими показателями являются коэффициент опасности (K_o), коэффициент концентрации химического вещества (K_c) и суммарный показатель загрязнения (Z_c), поскольку антропогенные аномалии чаще всего имеют полиэлементный состав (МУ 2.1.7.730-99).

K_o определяется отношением фактического содержания определяемого вещества в почве (C_i) в мг/кг почвы к значению ПДК для данного элемента:

$$K_o = C_i / \text{ПДК}.$$

Значению коэффициента опасности химического вещества соответствует величина превышения, которая определяет во сколько раз концентрация исследуемого вещества выше/ниже ПДК. Чем больше K_o превышает 1, тем опаснее загрязнение.

K_c определяется отношением фактического содержания определяемого вещества в почве (C_i) в мг/кг почвы к региональному фоновому (C_{fi}):

$$K_c = C_i / C_{fi}.$$

Суммарный показатель загрязнения равен сумме коэффициентов концентраций химических элементов-загрязнителей и выражен формулой:

$$Z_c = \text{сумма } (K_{ci} + \dots + K_{cn}) - (n-1), \text{ где}$$

n - число определяемых суммируемых вещества;

K_{ci} - коэффициент концентрации i -го компонента загрязнения.

Оценка степени опасности загрязнения почв комплексом металлов по показателю Z_c , отражающему дифференциацию загрязнения воздушного бассейна городов как металлами, так и другими наиболее распространенными ингреди-

ентами (пыль, окись углерода, окислы азота, сернистый ангидрид), проводится по оценочной шкале, приведенной в таблице 5 (МУ 2.1.7.730-99)..

Таблица 5. Ориентировочная оценочная шкала опасности загрязнения почв по суммарному показателю загрязнения (Z_c) (МУ 2.1.7.730-99)

Категория загрязнения почв	Величина Z_c
Допустимая	Менее 16
Умеренно опасная	16-32
Опасная	32-128
Чрезвычайно опасная	Более 128

3.2 Содержание тяжелых металлов в почвах Адмиралтейского, Колпинского и Пушкинского районов Санкт-Петербурга

3.2.1 Содержание тяжелых металлов в почвах территории Адмиралтейского района

На территории Адмиралтейского района г. Санкт-Петербурга было отобрано 6 почвенных проб из 3 прикопок. В табл. 6 представлены физико-химические свойства данных проб почвы.

Таблица 6. Физико-химические свойства почв Адмиралтейского района

Прикопка	Слой, см	Гранулометрический состав	pH
ул. Шкапина/Библиотечный переулок	1-5	легкий суглинок	6,70
ул. Шкапина/Библиотечный переулок	5-15	легкий суглинок	7,13
наб. Обводного канала, д.13-15	0-5	легкий суглинок	7,09

наб. Обводного канала, д.13-15	5-15	легкий суглинок	7,05
ул. Дровяная, д.8	1-5	легкий суглинок	5,70
ул. Дровяная, д.8	5-17	легкий суглинок	6,23

Данные, представленные в табл. 6 показывают, что пробы почвы, отобранной на территории Адмиралтейского района характеризуются легкосуглинистым гранулометрическим составом, а также нейтральной реакцией среды. Кислотность почвы влияет на переход ТМ в сопредельные среды: при кислых значениях рН вероятность такого перехода возрастает. В данном случае накопление растениями тяжелых металлов не будет интенсивным, несмотря на гранулометрический состав данных образцов почвы.

В табл. 7 отображены данные по содержанию анализируемых тяжелых металлов в урбаноземах района исследования в сравнении с ПДК и коэффициенты опасности загрязнения данными элементами.

Таблица 7. Содержание тяжелых металлов в урбаноземах Адмиралтейского района. Коэффициенты опасности исследуемых элементов.

Прикопка	Слой, см	Cd		Pb		Zn	
		Концентрация, мг/кг	K _o	Концентрация, мг/кг	K _o	Концентрация, мг/кг	K _o
ул.Шкапина/ Библиотечный пер.	1-5	0,7	1,5	837,4	26,0	168,9	7,3
ул. Шкапина/ Библиотечный пер.	5-15	0,4	<1	38,5	1,2	79,8	3,5
наб. Обводного канала, д.13-15	0-5	1,0	2	159,4	5	368,3	16
наб. Обводного канала, д.13-15	5-15	1,0	2	184,2	5,8	426,7	18,5
ул. Дровяная, д.8	1-5	0,3	<1	45,9	1,4	128,3	5,6

ул. Дровяная, д.8	5-17	0,4	<1	143,8	4,5	289,8	12, 6
ПДК		0,5		32		23	

Максимальная концентрация кадмия зарегистрирована в образцах, отобранных на наб. Обводного канала, д.13-15 и составляет 1,0 мг/кг (слои 0-5 см; 5-15), что в 2 раза больше ПДК. Минимальное содержание данного элемента наблюдается на глубине 1-5 см в пробе, отобранной на ул. Дровяной и составляет 0,3 мг/кг, что ниже ПДК.

На территории данного района выявлено загрязнение свинцом и цинком. Максимальная концентрация свинца характерна для поверхностного слоя на пересечении ул. Шкапина и Библиотечного переулка и составляет 837, 4 мг/кг, что в 26 раз больше ПДК по свинцу (32 мг/кг). В то же время, на данном участке установлено минимальное содержание данного элемента в слое 5-15 см, которое составляет 38,5 мг/кг. Вероятно, что такая неоднородность в значении концентраций связана с тем, что для данной территории характерна высокая транспортная нагрузка, что обуславливает накопление свинца в поверхностном слое почвы и медленную миграцию элемента вниз по профилю. Кроме того, возможно, что на пересечении ул. Шкапина и Библиотечного переулка ранее проводили мероприятия по привнесению грунта для озеленения. В среднем, значения коэффициента опасности по свинцу в Адмиралтейском районе колеблется в пределах 1,5-5. Данные показатели соответствуют значениям K_0 по свинцу для урбаноземов г. Благовещенска (Радомская и др., 2008), в 2 раза выше, чем в городских почвах г. Архангельска (Попова, 2005) и г. Ульяновска (Ефремова, Прохорова, 2011), но в 2 раза меньше, чем в почвах г. Калининграда (Масленников, Скрыпник, 2015) и г. Челябинска (Лисовой, Синявский, 2008).

Максимальные концентрации цинка в исследуемых образцах зафиксированы на глубине 5-15 см и 5-17 см на наб. Обводного канала, д.13-15 и ул. Дровяной, д.8 соответственно. Данные величины составляют 426, 7 мг/кг (наб. Обводного канала) и 289,8 мг/кг (ул. Дровяная) и превышают ПДК Zn в 18, 5 и 12, 6 раз соответственно. Данные значения существенно выше содержания цинка в

урбаноземах г. Благовещенск (Радомская и др., 2008). Минимальное содержание цинка в образцах почвы, отобранной на территории Адмиралтейского района установлено в слое 5-15 см (ул. Шкапина/Библиотечный пер.) и составляет 79,8 мг/кг, превышая при этом ПДК в 3,5 раза. Содержание цинка в почвах данного района исследования значительно выше величин концентраций данного элемента в городских почвах г. Калининград (Масленников, Скрыпник, 2015) и г. Архангельск (Попова, 2005).

Таким образом, для района наб. Обводного канала и ул. Дровяной характерно загрязнение цинком, а для территории на пересечении ул. Шкапина и Библиотечного переулка – свинцом.

3.2.2 Содержание тяжелых металлов в почвах территории Колпинского района

На территории Колпинского района г. Санкт-Петербурга было отобрано 12 почвенных проб из 6 прикопок. Основная часть образцов характеризуется легкосуглинистым гранулометрическим составом и нейтральной средой. Также присутствуют пробы среднесуглинистого состава, отобранные вблизи ж/д станции «Колпино». Данные значения отображены в табл. 8.

Таблица 8. Физико-химические свойства почв Колпинского района

Прикопка	Слой, см	Гранулометрический состав	pH
Заводской пр-т, д.38, 23 м от автодороги	1-5	легкий суглинок	6,52
Заводской пр-т, д.38, 23 м от автодороги	5-17	легкий суглинок	6,56
Заводской пр-т, д.38, 70 м от автодороги	1-5	легкий суглинок	6,41
Заводской пр-т, д.38, 70 м от автодороги	5-15	легкий суглинок	6,37
Заводской пр-т, д.38, 150 м от автодороги	1-5	легкий суглинок	6,22
Заводской пр-т, д.38,	5-18	легкий суглинок	6,57

150 м от автодороги			
Ж/д станция "Колпино"	1-5	средний суглинок	6,34
Ж/д станция "Колпино"	5-14	средний суглинок	6,36
ул. Пролетарская/Танкистов, 100 м от автодороги	1-5	легкий суглинок	7,05
ул. Пролетарская/Танкистов, 100 м от автодороги	5-17	легкий суглинок	7,25
ул. Пролетарская/Танкистов, 80 м от автодороги	1-5	легкий суглинок	6,76
ул. Пролетарская/Танкистов, 80 м от автодороги	5-20	легкий суглинок	6,58

Содержание исследуемых тяжелых металлов представлено в табл. 9 в сравнении с ПДК. Для анализа почвенных проб, отобранных в Колпинском районе, был рассчитан коэффициент опасности, значения которого представлены также представлены в табл. 9.

Таблица 9. Содержание тяжелых металлов в урбаногемах Колпинского района.

Коэффициенты опасности исследуемых элементов

Прикопка	Слой, см	Cd		Pb		Zn	
		Концентрация, мг/кг	K _o	Концентрация, мг/кг	K _o	Концентрация, мг/кг	K _o
Заводской пр-т, д.38, 23 м от автодороги	1-5	0,1	<1	15,0	<1	25,9	1,1
Заводской пр-т, д.38, 23 м от автодороги	5-17	0,2	<1	15,8	<1	46,9	2
Заводской пр-т, д.38, 70 м от автодороги	1-5	0,1	<1	15,7	<1	46,3	2
Заводской пр-т, д.38, 70 м от авто-	5-15	0,4	<1	16,2	<1	44,2	1,9

дороги							
Заводской пр-т, д.38, 150 м от автодороги	1-5	0,1	<1	10,3	<1	42,4	1,8
Заводской пр-т, д.38, 150 м от автодороги	5-18	0,1	<1	9,9	<1	38,6	1,7
Ж/д станция "Колпино"	1-5	0,2	<1	20,7	<1	65,9	2,7
Ж/д станция "Колпино"	5-14	0,1	<1	21,0	<1	52,0	2,3
ул. Пролетарская/Танкистов, 100 м от автодороги	1-5	0,3	<1	42,7	1,30	276,8	12
ул. Пролетарская/Танкистов, 100 м от автодороги	5-17	0,3	<1	90,8	2,80	286,9	12,5
ул. Пролетарская/Танкистов, 80 м от автодороги	1-5	0,2	<1	18,9	<1	72,6	3
ул. Пролетарская/Танкистов, 80 м от автодороги	5-20	0,1	<1	8,5	<1	38,1	1,6
ПДК		0,5		32		23	

Установлено, что в почвенных пробах Колпинского района содержание кадмия и не превышает ПДК. Минимальное значение Cd равно 0,1 мг/кг.

Также на территории г. Колпино не было замечено превышение ПДК по свинцу. Однако в районе пересечения ул. Пролетарской и Танкистов на рас-

стоянии 100 м от дороги была выявлена отклоняющаяся от остальных прикопка, в слоях которой были определены значения концентраций Pb, превышающие ПДК. Так для поверхностного слоя величина содержания данного элемента составляет 42,7 мг/кг, что в 1,3 раза выше ПДК. На глубине 5-17 см концентрация свинца равна 90,8 мг/кг. Данный слой характеризуется коэффициентом опасности, равным 2,8. Данная неоднородность вероятно связана с привнесением грунта на данной территории.

Следует отметить, что в почве в районе жилого дома, расположенного по адресу Заводской пр-т, 38 и вблизи железнодорожной станции «Колпино» не были установлены значения, превышающие ПДК Cd и Pb.

По данным табл.9 для Колпинского района характерно загрязнение почв цинком. Максимальная концентрация данного элемента зафиксирована в образце, отобранном в районе пересечения ул. Пролетарской и Танкистов на расстоянии 100 м от дороги на глубине 5-17 см и составляет 286,9 мг/кг и превышает ПДК в 12,5 раз. Данная точка расположена вдали от жилого массива, и не может указывать существенного влияния на здоровье населения Колпинского района. Минимальное содержание цинка в исследуемых пробах было установлено в образце, отобранном в районе жилого дома (Заводской пр-т, д.38) в слое 1-5 см. Данная величина равна 25,9 мг/кг и практически не превышает ПДК. Среднее содержание цинка в анализируемых образцах колеблется в пределах от 38 до 60 мг/кг и превышает ПДК в 2-3 раза. Данными величинами характеризуются пробы, отобранные в районе жилого дома. Средние значения содержания цинка в почве Колпинского района выше, чем в урбаноземах г. Архангельск (Попова, 2005), но сопоставимы с величинами концентраций данного элемента в городских почвах г. Калининград (Масленников, Скрыпник, 2015). Необходимо проводить контроль цинка в почве, поскольку содержание данного элемента может оказывать влияние на здоровье населения.

Таким образом, для территории Колпинского района характерно цинковое загрязнение и незначительное накопление свинца и кадмия в почве.

3.2.3 Содержание тяжелых металлов в почвах территории Пушкинского района

На территории Пушкинского района г. Санкт-Петербурга было отобрано 10 почвенных проб из 5 прикопок. Физико-химические свойства данных образцов отражены в табл.10.

Таблица 10. Физико-химические свойства почв Пушкинского района

Прикопка	Слой, см	Гранулометрический состав	pH
ул. Железнодорожников, 63 м от ж/д переезда	0-5	легкий суглинок	6,09
ул. Железнодорожников, 63 м от ж/д переезда	5-14	легкий суглинок	6,02
ул. Железнодорожников, 129 м от ж/д переезда	0-5	легкий суглинок	6,38
ул. Железнодорожников, 129 м от ж/д переезда	5-14	легкий суглинок	6,35
ул. Железнодорожников, 192 м от ж/д переезда	0-5	легкий суглинок	6,07
ул. Железнодорожников, 192 м от ж/д переезда	5-15	легкий суглинок	6,70
ул. Железнодорожников, д.10	1-5	легкий суглинок	6,35
ул. Железнодорожников, д.10	5-15	легкий суглинок	6,23
Нижний парк	1-5	средний суглинок	4,60
Нижний парк	5-19	средний суглинок	4,75

Согласно табл.10 образцы, отобранные вдоль железной дороги и вблизи жилого дома, характеризуются легкосуглинистым гранулометрическим составом и слабокислой, близкой к нейтральной, средой. В отличие от них, почва Нижнего парка отличается среднесуглинистым составом и кислой pH.

Данные по содержанию Cd, Pb и Zn, установленные в процессе проведения анализа в сравнении с ПДК, а также рассчитанные для данных элементов коэффициенты опасности отображены таблице 11.

Таблица 11. Содержание тяжелых металлов в урбаногемах Пушкинского района. Коэффициенты опасности исследуемых элементов

Прикопка	Слой, см	Cd		Pb		Zn	
		Концентрация, мг/кг	K _о	Концентрация, мг/кг	K _о	Концентрация, мг/кг	K _о
ул. Железнодорожников, 63 м от ж/д переезда	0-5	0,1	<1	50,4	1,6	58,5	2,5
ул. Железнодорожников, 63 м от ж/д переезда	5-14	0,2	<1	69,9	2,2	77,8	3,4
ул. Железнодорожников, 129 м от ж/д переезда	0-5	0,2	<1	49,8	1,5	89,5	3,9
ул. Железнодорожников, 129 м от ж/д переезда	5-14	0,5	<1	1,3	<1	89,1	3,9
ул. Железнодорожников, 192 м от ж/д переезда	0-5	0,2	<1	59,2	1,8	67,3	2,9
ул. Железнодорожников, 192 м от ж/д переезда	5-15	0,3	<1	69,3	2,0	64,6	2,8
ул. Железнодорожников, д.10	1-5	0,3	<1	40,4	1,3	97,3	4,2
ул. Железнодорожников, д.10	5-15	0,3	<1	24,4	<1	74,9	3,2

Нижний парк	1-5	0,1	<1	24,0	<1	28,7	1,2
Нижний парк	5-19	0,2	<1	23,1	<1	51,7	2,2
ПДК		0,5		32		23	

По результатам анализа выявлено, что в отобранных на территории Пушкинского района пробах содержание кадмия минимально и не превышает ПДК. В одном образце из прикопки, расположенной вдоль железной дороги, на расстоянии 129 м от ж/д переезда концентрация кадмия равна ПДК. Минимальное значение Cd составляет 0,1 мг/кг.

Образцы почвы, отобранные в районе железнодорожного полотна (ул. Железнодорожников), характеризуются накоплением свинца и цинка. На рис. 36 показана диаграмма содержания Pb и Zn в почвенных пробах в зависимости от удаления от ж/д переезда.

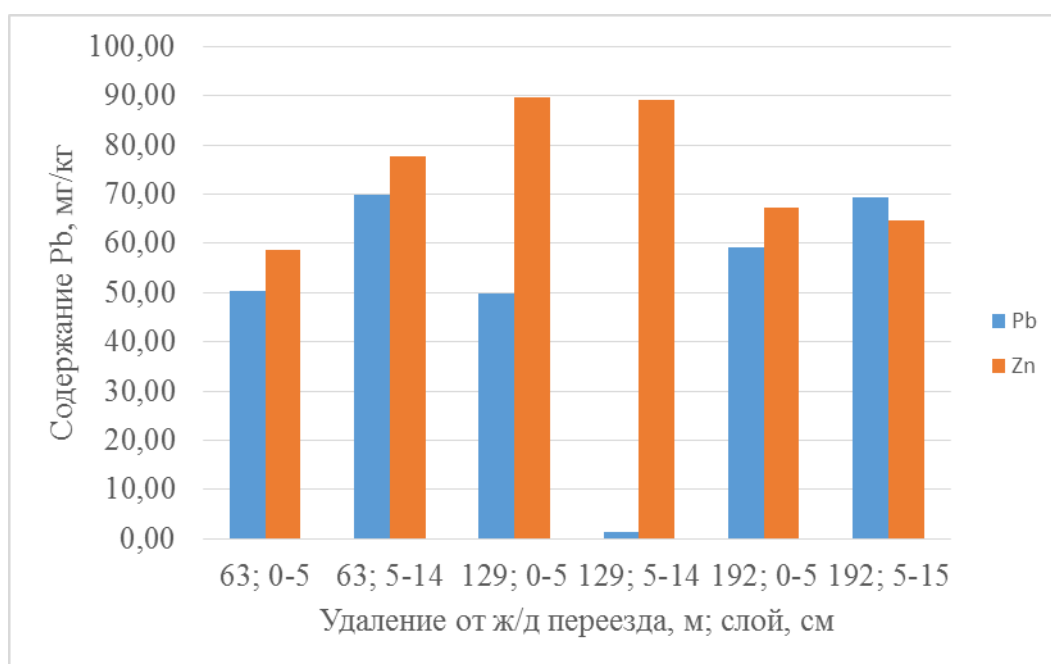


Рис. 36 Содержание Pb и Zn в почве в районе железнодорожного полотна (ул. Железнодорожников) в зависимости от удаления от ж/д переезда

Согласно табл. 11 и рис. 36 максимальное содержание Pb в районе железнодорожного полотна и автодороги зафиксировано в 63 м от ж/д переезда в слое 5-14 см и составляет 69,9 мг/кг, что в 2 раза выше ПДК. Минимальная

концентрация свинца установлена в 129 м от ж/д переезда в слое 5-14 см и составляет 1,3 мг/кг и не превышает ПДК. Кроме того, представленные значения являются максимальными и минимальными содержаниями свинца в почвенных образцах, отобранных на территории Пушкинского района. Влияние на концентрации свинца в почвах, расположенных вблизи автодороги оказывает автотранспорт, поскольку данный элемент входит в состав выхлопных газов.

Согласно табл. 11 и рис. 36 максимальное содержание Zn районе железнодорожного полотна выявлено в 129 м от ж/д переезда в слое 0-5 см и составляет 89,55 мг/кг, превышая ПДК почти в 4 раза. Минимальное содержание цинка в прикопках вдоль ж/д полотна установлено в слое 0-5 см на расстоянии 63 м от ж/д переезда и составляет 58,54 мг/кг, коэффициент опасности для данного образца равен 2,5.

Согласно литературным данным влияние на содержание ТМ оказывает железная дорога (Журавлева, 2015). Это связано с тем, что «в маневровых локомотивах до сих пор используются свинцово-кислотные аккумуляторные батареи. У положительных электродов активным действующим веществом является двуокись свинца (PbO_2), а у отрицательного – губчатый свинец. Кроме того, свинцовые положительные электроды (решетки) выполнены не из чистого свинца, а из сплава, содержащего сурьму (1-6%). При кипении образуются аэрозоли сульфата свинца $PbSO_4$, попадающие в почву». Также доказано, что «неэлектрофицированные железные дороги поставляют в полтора-два раза больше ТМ в прилегающие почвогрунты, чем электрофицированные. Кроме того, на содержание ТМ в аэрозолях в приземном слое влияет тип контактной сети. Так, при использовании постоянного тока увеличивается содержание Ni, Cd и Se, а на переменном токе – концентрация Zn, Cu и Ti.» При движении электропоездов происходит трение вставок пантографа о контактный провод, и часть металлов рассеивается на почвогрунты полосы отвода. В зависимости от вида вставки меняется в них и состав металлов. Так, различные вставки токо-

съемных композиционных материалов состоят из углерода и комбинации различных металлов, таких как Cu, Fe, Pb и Nb (Журавлева, 2015).

«На долю железнодорожного транспорта приходится более 80% грузооборота транспортной системы РФ, что связано с большой долей выбросов загрязняющих веществ, которые разносятся воздушными массами на прилегающие территории, формируя геохимические аномалии. Кроме того, ежегодно при перевозке и перегрузке из вагонов в окружающую среду поступает около 3,3 млн. т руды, 0,15 млн. т солей и 0,36 млн. т минеральных удобрений» (Журавлева, 2015).

Установлено, что в районе жилого дома, расположенного по адресу ул. Железнодорожников, 10 выявлено превышение ПДК по свинцу в поверхностном слое в 1,3 раза. На территории Нижнего парка превышение ПДК не наблюдается.

Максимальное значение цинка зафиксировано в районе жилого дома в поверхностном слое почвы. Данное содержание равно 97,3 мг/кг, характеризуется превышением ПДК в 4,2 раза. Минимальная концентрация Zn в почве Пушкинского района установлено в пробе, отобранной на территории Нижнего парка на глубине 1-5 см и составляет 28,7 мг/кг, превышая ПДК в 1,2 раза.

Таким образом, для Пушкинского района частично характерно загрязнение свинцом. Загрязнение цинком наблюдается во всех почвенных образцах, отобранных на территории данного административного района.

3.3. Сравнительный анализ опасности уровней загрязнения почв тяжёлыми металлами в административных районах города

На основании данных таблиц 7, 9 и 11 и данных фоновых содержаниях кадмия, свинца и цинка в почве были рассчитаны коэффициенты концентрации элементов в почвенных образцах, отобранных из поверхностных слоев почвы из прикопок, расположенных на территории административных районов исследования. Рассчитанные величины K_c представлены в табл.12.

Таблица 12. Коэффициенты концентрации элементов в почвенных образцах, отобранных из поверхностных слоев почвы, расположенных на территории административных районов исследования

Прикопка	K _c (Cd)	K _c (Pb)	K _c (Zn)
Адмиралтейский район			
ул. Шкапина/Библиотечный переулок	7,5	55,8	3,7
наб. Обводного канала, д.13-15	10,4	10,6	8,2
ул. Дровяная, д.8	2,9	3,1	2,8
Колпинский район			
Заводской пр-т, д.38, 23 от автодороги	1,1	1,0	0,6
Заводской пр-т, д.38, 70 м от автодороги	1,5	1,0	1,0
Заводской пр-т, д.38, 150 м от автодороги	1,0	0,7	0,9
Ж/д станция "Колпино"	1,6	1,4	1,5
ул. Пролетарская/Танкистов, 100 м от автодороги	3,3	2,8	6,1
ул. Пролетарская/Танкистов, 80 м от автодороги	2,3	1,3	1,6
Пушкинский район			
ул. Железнодорожников, 63 м от ж/д переезда	1,5	3,4	1,3
ул. Железнодорожников, 129 м от ж/д переезда	1,9	3,3	1,9
ул. Железнодорожников, 192 м от ж/д переезда	1,8	3,9	1,5
ул. Железнодорожников, д.10	3,2	2,7	2,2
Нижний парк	1,4	1,6	0,6

Фоновые значения исследуемых элементов: Cd = 0,1 мг/кг, Pb = 15 мг/кг, Zn = 45 мг/кг. На основании данных, представленных в табл.12 и фоновых значений элементов был рассчитан коэффициент суммарного показателя загрязнения (табл.13).

Таблица 13. Коэффициент суммарного показателя загрязнения почв административных районов исследования

Прикопка	Z _с , усл.ед.	Категория загрязнения
Адмиралтейский район		
ул. Шкапина/Библиотечный переулок	65,0	опасная
наб. Обводного канала, д.13-15	27,2	умеренно опасная
ул. Дровяная, д.8	6,9	допустимая
Колпинский район		
Заводской пр-т, 38, 23 от автодороги	0,7	допустимая
Заводской пр-т, д.38, 70 м от автодороги	1,6	допустимая
Заводской пр-т, д.38, 150 м от автодороги	0,7	допустимая
Ж/д станция "Колпино"	2,4	допустимая
ул. Пролетарская/Танкистов, 100 м от автодороги	10,3	допустимая
ул. Пролетарская/Танкистов, 80 м от автодороги	3,2	допустимая
Пушкинский район		
ул. Железнодорожников, 63 м от ж/д переезда	4,2	допустимая
ул. Железнодорожников, 129 м от ж/д переезда	5,2	допустимая
ул. Железнодорожников, 192 м от ж/д переезда	5,2	допустимая
ул. Железнодорожников, д.10	6,1	допустимая
Нижний парк	1,7	допустимая

Согласно значениям суммарного показателя загрязнения, определена степень опасности загрязнения почв административных районов Санкт-Петербурга.

Установлено, что почвы Колпинского и Пушкинского районов относятся к допустимой категории загрязнения ($Z_c < 16$).

Почвы Адмиралтейского района относятся к трем категориям загрязнения: почвы, расположенные на территории пересечения ул. Шкапина и Библиотечного переулка характеризуются опасной категорией загрязнения; в районе домов 13-15 на наб. Обводного канала категория загрязнения почв умеренно опасная; почвы, находящиеся вблизи д. 8 на ул. Дровяной, относятся к допустимой категории загрязнения.

В сравнении с литературными данными (Экологическая обстановка в районах СПб, 2003) коэффициенты суммарного показателя загрязнения почв Адмиралтейского района в 2-3 раза ниже средней величины данного коэффициента, которая составляет 130 условных единиц.

Рассчитанные Zс для Пушкинского района в 5-6 раз меньше среднего значения данного показателя, который составляет 27 усл.ед. (Экологическая обстановка в районах СПб, 2003).

Установлено, что показатель суммарного загрязнения почв на территории исследуемых районов исследования существенно ниже среднегородской величины данного коэффициента (56 усл.ед.) (Экологическая обстановка в районах СПб, 2003).

Вероятно, полученные результаты связаны с высокой степенью неоднородности содержания тяжелых металлов в городских почвах, а также локальным характером загрязнения.

3.4. Возможные мероприятия по снижению опасности загрязнения почв в мегаполисах

«Снижение эмиссии тяжелых металлов — это самый прямой путь снижения количества атмосферных осадков, загрязненных этими элементами, и их накопления в почве. Так, например, несмотря на огромный рост транспорта, существенное снижение выбросов Pb уже произошло благодаря строгим предписаниям, разрешающим использовать только неэтилированный бензин. Тем не

менее, эмиссия ТМ промышленными предприятиями (особенно заводами, выплавляющими металлы в Восточной Европе) все еще весьма существенна. Меры по снижению выбросов NO_x и SO₂, будут снижать и вымывание ТМ. В самом деле, уменьшение закисления, вызванное снижением выбросов этих газов, может привести к восстановлению связывающей способности почв.» (Ступин, 2009).

На сельскохозяйственных почвах нагрузка по ТМ может быть снижена:

1) использованием для производства удобрений минерального сырья с низким содержанием ТМ (особенно фосфатных минералов с низким содержанием металлов);

2) использованием меньшего количества пищевых добавок в корма животных и самих кормов с низким содержанием металлов (например, кормов, содержащих медь, введенную для лучшего их усвоения);

3) заменой неорганических пестицидов (таких как Бордосская смесь, применяемая в виноградарстве, арсенат Рb и т. п.) на органические соединения;

4) уменьшением норм применения удобрений и количества животных на 1 га угодий;

5) снижением норм применения других удобрений, таких как навоз и сточные илы (захоронение илов со станций водоочистки создало в Европе проблему, связанную с почвой, и особенно в Нидерландах).

Также для очистки почв от тяжелых металлов используют биологический метод (фитовосстановление). Преимущество фитовосстановления перед другими методами восстановления почв состоит в том, что загрязнения удаляются из почвы, не разрушая ее структуры, и без снижения почвенного плодородия.

Фитовосстановление почвы — это весьма сложный процесс, который может протекать по различным механизмам, иногда одновременно по нескольким (Ступин, 2009).

«Чаще всего в проектах фитовосстановления используют тополь, в первую очередь из-за его быстрого роста, а также из-за способности этих деревьев выживать в самых разнообразных климатических условиях. Кроме того, тополи

способны вытягивать большие количества воды (по сравнению с другими видами растений) во время ее движения по профилю почвы или непосредственно из водного горизонта. Одновременно из загрязненной среды окажутся вытянутыми большие количества растворенных загрязнителей и уменьшится количество воды, которая пройдет сквозь почву или через водный горизонт, следовательно, понизится количество загрязнителя, вымываемое из почвы или водного горизонта.» (Ступин, 2009).

«Кроме того, тяжелые металлы можно удалить из почвы кислотой. Большинство аналитических методик по определению содержания металла применяют кислые реагенты. «Большие концентрации кислоты, например, HCl, обычно требуются для удаления значительных количеств тяжелых металлов из загрязненных почв. Требуемые концентрации кислоты зависят от величины и степени удерживания ТМ, а также от предписываемых стандартов очистки» (Ступин, 2009). Высокие концентрации кислоты требуются для перевода в раствор металлов, присутствующих в почве в виде осажденных оксидов.

Кроме того, необходимо проводить рекультивацию нарушенных земель. Согласно (ГОСТ 17.5.3.04-83) разработка проектов рекультивации нарушенных земель должна проводиться с учетом следующих факторов:

- природных условий района (климатических, педологических, геологических, гидрологических, вегетационных);
- расположения нарушенного (нарушаемого) участка;
- перспективы развития района разработок;
- «фактического или прогнозируемого состояния нарушенных земель к моменту рекультивации (площади, формы техногенного рельефа, степени естественного зарастания, своевременного и перспективного использования нарушенных земель, наличия плодородного слоя почвы и потенциально плодородных пород, прогноза уровня грунтовых вод, подтопления, иссушения, эрозионных процессов, уровня загрязнения почвы)»;
- показателей химического и гранулометрического состава, агрохимических и агрофизических свойств, инженерно-геологической характери-

ки вскрышных и вмещающих пород и их смесей в отвалах в соответствии с требованиями ГОСТ 17.5.1.03;

- хозяйственных, социально-экономических и санитарно-гигиенических условий района размещения нарушенных земель;
- срока использования рекультивированных земель с учетом возможности повторных нарушений;
- охраны окружающей среды от загрязнения ее пылью, газовыми выбросами и сточными водами в соответствии с установленными нормами ПДВ и ПДК;
- охраны флоры и фауны (ГОСТ 17.5.3.04-83).

В заключение хотелось бы отметить, что представленные выше мероприятия по снижению опасности загрязнения почв в мегаполисах могут быть реализованы на территории г. Санкт-Петербург.

Заключение

Уровень содержания тяжелых металлов в урбаноземах является косвенным показателем степени техногенной нагрузки и потенциальной опасности для здоровья населения на конкретной территории.

Оценка содержания тяжелых металлов в почвах Санкт-Петербурга показала, что территории исследуемых административных районов существенно загрязнены свинцом и цинком. Концентрации кадмия в почве не превышают ПДК в большинстве почвенных проб.

Наибольшие концентрации свинца и цинка были зафиксированы в Адмиралтейском районе и составили 837 мг/кг и 427 мг/кг соответственно. Данные концентрации превысили ПДК свинца в 26 раз, ПДК цинка в 18,5 раз.

Минимальное содержание свинца установлено на территории Пушкинского района и составляет 1,3 мг/кг, превышение ПДК по данному элементу не наблюдается. Минимальное содержание цинка выявлено на территории Колпинского района и равно 26 мг/кг, превышение ПДК данного элемента незначительно.

Наибольшая концентрация кадмия установлена в Адмиралтейском районе и составляет— 1,04 мг/кг (доля ПДК =0,48).

Сравнительный анализ опасности уровней загрязнения почв тяжелыми металлами в административных районах города показал, что по степени загрязнения почвы территории Колпинского и Пушкинского районов относятся к допустимой категории загрязнения почв. Z_c колеблется в пределах от 0,7 до 10,3 усл.ед. в Колпинском районе и от 1,7 до 6,1 усл.ед. в Пушкинском районе.

В Адмиралтейском районе категория загрязнения почв изменялась от допустимой до опасной ($Z_c = 65,0; 27,2$ и $6,9$ усл.ед.).

Из трех тестируемых районов наиболее благоприятная обстановка в Колпинском район.

Вероятно, полученные результаты связаны с высокой степенью неоднородности содержания тяжелых металлов в городских почвах, а также локальным характером загрязнения.

Список использованной литературы:

1. Авцын, П.А. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология / П.А. Авцын, А.А. Жаворонков, М.А. Риш [и др.]. – Москва: Медицина, 1991. – 496 с.
2. Агаркова М. Г. Морфолого-генетические особенности городских почв и их систематика. / М.Г. Агаркова, Л.К. Целищева, М.Н. Строганова // Вестник МГУ. Сер. 17. Почвоведение, Вып. № 2, 1991. – С. 11-16.
3. Александрова А.Б. Состояние почв г. Казани / А.Б. Александрова // Деградация почвенного покрова и проблемы агроландшафтного земледелия. Мат-лы межд. конф. 24-28 сент. 2001, Ставрополь: Ставропольская сельскохозяйственная акад., 2001. – С. 8-9.
4. Александровская Е.И. История трансформации почв Москвы/ Е.И. Александровская, А.Л. Александровский, И.А. Бойцов, Н.А. Кренке // Антропогенная деградация почвенного покрова и меры ее предупреждения: Тез. докл. Всерос.конф., Москва, 16-18 июня 1998, - С. 77-78.
5. Алексеев, Ю.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях / Ю.В. Алексеев. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
6. Алексеенко В.А. Цинк и кадмий в окружающей среде / В.А. Алексеенко, Л.В. Алещукин, Л.Е. Беспалько [и др.]. – Москва: Наука, 1992. – 199 с.
7. Бадмаева, С. Э. Экологическая оценка состояния орошаемых земель юга Средней Сибири: автореф. дис. доктора с.-х. наук / С. Э. Бадмаева. – Красноярск, 2007. – 31 с.
8. Безносков, А. И. Содержание тяжелых металлов в пахотных почвах Удмуртской Республики: монография / А. И. Безносков, Л. Б. Башмаков, В. Г. Нелюбин. – Ижевск: ФГОУ ВПО Ижевская ГСХА, 2005. – 74 с.
9. Безуглова, О.С. Биогеохимия: учебное пособие для вузов / О.С. Безуглова, А.С. Орлов. – Ростов-на-Дону: «Феникс», 2000. – 317 с.
10. Виноградов, А.П. Геохимия редких и рассеянных элементов в почвах / А.П. Виноградов. – Москва: Издательство АН СССР, 1957. - 237 с.

11. Водяницкий, Ю.Н. Тяжелые металлы и металлоиды в почвах / Ю.Н. Водяницкий. – М.: ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 2008. – 164 с.
12. Войтюк, Е.А. Аккумуляция тяжелых металлов в почве и растениях в условиях городской среды (на примере г. Чита): дис....канд. биол. наук: 03.02.08 / Войтюк Екатерина Александровна. – Чита, 2011. – 143 с.
13. Герасимова М.И. Антропогенные почвы / М.И. Герасимова, М.Н. Строганова, Т.В. Прокофьева, Н.В. Можарова - Смоленск: Ойкумена, 2003. – 267 с.
14. ГН 2.1.7.2041-06. – Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. Гигиенические нормативы. – Москва, 2006. – 6 с.
15. ГН 2.1.7.2042-06. – Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. Гигиенические нормативы. – Москва, 2006. – 8 с.
16. Горбов С.Н. Почвы урболандшафтов г. Ростов-на-Дону, их экологическое состояние и оценка загрязнения: автореф. дис. ... канд. биол. Наук (03.00.27) / Горбов Сергей Николаевич; Ростов-на-Дону, 2002. – 25 с.
17. ГОСТ 17.4.1.02-83. Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. – Межгосударственный стандарт, 2008. – 4 с.
18. ГОСТ 17.5.3.04-83. Охрана природы. Земли. Общие требования к рекультивации земель. – Межгосударственный стандарт, 1984. – 8 с.
19. Джувеликян, Х.А. Загрязнение почв тяжелыми металлами. Способы контроля и нормирования почв: учебно-методическое пособие для вузов / Х.А. Джувеликян, Д.И. Щеглов, Н.С. Горбунова. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2009. – 22 с.
20. Добровольский, В. В. Геохимия тропических островов / В.В. Добровольский. – Природа, 1985. – № 11. – 40-51 с.

21. Добровольский, В. В. Основные черты геохимии цинка и кадмия. Цинк и кадмий в окружающей среде / В.В. Добровольский – Москва: Наука, 1992. - 7–18 с.
22. Добровольский, В. В. Роль гуминовых кислот в формировании миграционных массопотоков тяжелых металлов / В.В. Добровольский // Почвоведение, 2004. – Вып.№1. – С. 32-39.
23. Ефремова, О.А. Особенности накопления тяжелых металлов в почвах промышленных и рекреационных зон города Ульяновска / О.А. Ефремова, Н.В. Прохорова / Известия Самарского научного центра РАН. - Самара, 2011. – Вып. № 1(5), т. 13. – С. 1190-1193.
24. Журавлева, М.А. Экологическая оценка распределения тяжелых металлов в полосе отвода железных дорог: дис....канд. техн. наук: 03.02.08 / Журавлева Маргарита Анатольевна. - Москва, 2015. – 209 с.
25. Защита окружающей среды от техногенных загрязнений: учебное пособие / под ред. Г.Ф. Невской. – Москва: Издательство МГУ, 1993. – 218 с.
26. Зырин, Н. Г. Действие тяжелых металлов на ферментативную активность почв / Н. Г. Зырин, Н. В. Раськова, Г. В. Платонов – В кн.: Мелиорация, использование и охрана почв нечерноземной зоны. – Москва: Издательство Московского университета, 1980. – 186 с.
27. Зырин, Н. Г. О формах Со в почве / Н. Г Зырин, В. И. Рерих, Ф. А. Тихомиров // Вестник МГУ. Сер. 6, биология и почвоведение, 1975. – №3. – С. 102-109.
28. Зырина, Н.Г. Химия тяжелых металлов, мышьяка и молибдена в почвах / Н.Г. Зырина, Л.К. Садовникова. – Москва: Издательство Московского университета, 1985. – 77-99 с.
29. Ильин, В. Б. Загрязнение тяжелыми металлами огородных почв и культур в городах Кузбасса / В.Б. Ильин // Агрохимия, 1991. – № 3. – С. 53-61.
30. Ильин, В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение / В.Б. Ильин. – Новосибирск: Наука, 1991. – 151 с.

31. Кабата-Пендиас, А. Микроэлементы в почвах и растениях / А. Кабата-Пендиас, Х. Пендиас. – Москва: Мир, 1989. – 439 с.
32. Калетина, Н.И. Токсикологическая геохимия. Метаболизм и анализ токсикантов / Н.И. Калетина. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 970 с.
33. Карпухин, А. И. Состав и свойства комплексных соединений органических веществ почвы с ионами металлов / А.И. Карпухин // Известия ТСХА, 1989, Вып. 1. – С. 58-67.
34. Кеннет, Г. Нарушение метаболизма микроэлементов. Внутренние болезни/ Г. Кеннет, И. Фальчук. – Москва: Медицина, 1993. – Кн.2. – 451-457 с.
35. Коломыц Э.Г. Природные комплексы большого города: ландшафтно-экологический анализ/ Э.Г. Коломыц, Г.С. Розенберг, О.В. Глебова, Н.А. Сурова, М.В. Сидоренко и др.. Москва: Наука "МАИК". 2000. - 286 с.
36. Ладонин, Д.В. Соединения тяжелых металлов в почвах – проблемы и методы изучения / Д.В. Ладонин. – Почвоведение, 2002. - № 8. - 954 – 966 с.
37. Лисовой, Д.А. Экологическое состояние почв и урбаноземов г. Челябинска / Д.А. Лисовой, В.А. Синявский / Вестник Челябинского государственного университета, 2008. – Челябинск, 2005. – Вып. №1, т. 12. - С. 151-154.
38. Ложкин, А.В. Исследование поведения Рb и Cd в почвах пригородной зоны г. Ижевска и приемы, снижающие их миграцию в системе почва-растение: дис....канд. с/х. наук: 03.02.13 / Ложкин Андрей Владимирович. - Ижевск, 2014. – 260 с.
39. Лукин, С. В. Тяжелые металлы в агроэкосистемах / С. В. Лукин // Науч. ведомости БГУ, 2000. Вып. №3. – С. 65–70.
40. Масленников, П.В. Аккумуляция металлов в почвах г. Калининграда / П.В. Масленников, Л.Н. Скрыпник // Современные проблемы науки и образования. – Москва, 2015. – Вып № 1 (часть 1).
41. Минкина, Т.М. Соединения тяжелых металлов в почвах Нижнего Дона, их трансформация под влиянием природных и антропогенных факторов: автореф. дис. на соиск. учен. степ. д-ра биол. наук (03.00.27; 03.00.16) / Минкина Татьяна Михайловна. - Ростов-на-Дону, 2008, - 50 с.

42. Мотузова, Г.В. Соединения микроэлементов в почвах: Системная организация, экологическое значение, мониторинг. Изд. 2е / Г.В. Мотузова. – Москва: Книжный дом «ЛИБ-РОКОМ», 2009. – 168 с.
43. Никитенко, М.А. Влияние урбанизации на трансформацию почвенного покрова и условия функционирования древесных растений городов среднего Предуралья (на примере г. Сарапула и г. Камбарки): дис....канд. биол. наук: 03.00.16 / Никитенко Мария Анатольевна. - Ижевск, 2007. – 193 с.
44. Николишин, И. Я. Анализ глобального антропогенного загрязнения окружающей среды на примере тяжелых металлов: дис. ... канд. физ.-мат. наук: 01.04.12 / Николишин Иван Ярославович. – Москва, 1979. – 154 с.
45. Орлов, Д.С. Химия почв / Д.С. Орлов. – Москва: Издательство Московского университета, 1992. – 400 с.
46. Остромогильский, А. Х. Свинец, кадмий, мышьяк и ртуть в окружающей среде: моделирование глобального кругворота / А. Х. Остромогильский, В. А. Петрухин А. О. Кокорин // Мониторинг фоновое загрязнение природных сред. Л. : Гидрометеиздат, 1987, вып. 4. – С.122 – 147.
47. Петухова, Н.Н. К кларкам микроэлементов в почвенном покрове Беларуси / Н.Н. Петухова, В.А. Кузнецов. - Докл. НАН Беларуси. - 1992. - Т. 36, №5. - С. 461-465.
48. Покровская, С. Ф. Регулирование свинца и кадмия в системе почва-растение / С. Ф. Покровская. – Москва, 1995. – 52 с
49. Попова, Л.Ф. Особенности накопления тяжелых металлов почвами и растениями в условиях промышленного города / Л.Ф. Попова // Фундаментальные исследования. – Москва, 2005. – Вып № 10. – С. 88-90.
50. Потатуева, Ю. А. Влияние длительного применения фосфорных удобрений на накопление в почвах и растениях тяжелых металлов и токсических элементов / Ю. А. Потатуева, Ю. И. Касицкий, А. Д. Хлыстовский и др. // Агрохимия, 1994, № 11. – С. 98–113.
51. Почва. Город. Экология. Москва: Фонд “За экономическую грамотность”, 1997. - 320 с.

52. Почвы и техногенные поверхностные образования в городских ландшафтах: монография / Г.В. Ковалева, В.Т. Старожилов, А.М. Дербенцева, А.В. Назаркина и др. – Владивосток: Изд-во Дальнаука, 2012.-159 с.
53. Радомская, В.И. Оценка загрязнения почвенного покрова г. Благовещенск / В.И. Радомская, С.М. Радомский, Н.Г. Куимова // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. – 2008. – Вып № 3. – С. 37-43.
54. Санитарные нормы допустимых концентраций химических веществ в почве: СанПиН 42-128-1433-87. - Москва: Минздрав, 1988. – 27 с.
55. Соколов, О. А. Атлас распределения тяжелых металлов в объектах окружающей среды / О. А. Соколов, В. А. Черников. – Пушкино, 1999, – 164 с.
56. Степанок, В. В. Влияние бактеризации семян ассоциативными диязотрофами на поступление свинца и кадмия в растения ячменя / В. В. Степанок, Л. Ю. Юдкин, Р. М. Рабинович // Агрохимия. – 2003. - № 5. – С. 69–80.
57. Строганова М.Н. Классификация городских почв / М.Н. Строганова, А.Д. Мягкова, Т.В. Прокофьева // Проблемы антропогенного почвообразования: Тез.докл. Междунар. конф., Москва, 16-21 июня 1997 г. Т.2. М., 1997. – С. 234-239.
58. Ступин, Д.Ю. Загрязнение почв и новейшие технологии их восстановления: учебники для вузов. Специальная литература / Д.Ю. Ступин – СПб: Издательство «Лань», 2009. – 432 с.
59. Тяжелые металлы в системе почва – растение – удобрение / Под ред. М.М. Овчаренко. – Москва: «Пролетарский светоч», 1997. – 290 с.
60. Хакимов Ф.И. Эколого-геохимическая характеристика почв промышленного города / Ф.И. Хакимов, Н.Ф. Деева, А.А. Ильина. - Экология и почвы. Избранные лекции 1-7 Всероссийских школ. Пушкино, ОНТИ ПНЦ РАН, 1998. - 252 с.
61. Ягодин, Б. А. Агрохимия / Б. А. Ягодин, Ю. П. Жуков. В. И. Кобзаренко. Под ред. Б. А. Ягодина. – Москва: Колос, 2002. – 584 с.
62. Ягодин, Б. А. Кольцо жизни / Б. А. Ягодин. – Москва, 2002.

63. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. - Межгосударственный стандарт, 1984. – 8 с.

64. ПНД Ф 16.1:2:2.2:2.3.62-09. Методика измерений массовой доли подвижных форм металлов: меди, цинка, свинца, кадмия, марганца, никеля, кобальта, хрома в пробах почв, грунтов, донных отложений, осадков сточных вод методом пламенной атомно-адсорбционной спектроскопии. – Москва, 2013. – 21 с. 1984.

65. <http://snd.spb.ru>

66. <http://vh5402.narod.ru>

67. http://www.msk.allpn.ru/spb_rayons/kolpinskiy_rayon

68. <https://gov.spb.ru>

69. <https://www.google.ru/maps>

70. <https://yandex.ru/maps/2/saint-petersburg>

71. Morin, G. XAFS determination of the chemical form of lead in smelter contaminated soils and mine tailings: Importance of adsorption process / G. Morin, I.D. Ostergren, F. Juillot, P. Ildefonce G. Calas, J. E. Brown. - Am. Mineral, 1999. - Vol. 84. – P. 420 – 434/

72. Myers, J. Identifying metals contamination in soil: Ageochemical approach / J. Myers, K. Thorbjornson. - Soil Sediment Contam, 2004. - Vol. 13. – P. 1 – 16.