

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В ЛОМОНОСОВА**

На правах рукописи

МАКАРОВ Артём Александрович

**Опыт оценки риска химического загрязнения городских
почв Московского региона**

специальности: 03.02.13 – почвоведение
03.02.08 – экология

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата биологических наук

Научный руководитель:
доктор биологических наук,
Макаров О. А.

Москва – 2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА1. СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА.....	10
1.1. Экологические риски: основные понятия и определения, история изучения, классификация.....	10
1.1.1. Анализ экологических рисков в зарубежных странах.....	11
1.1.2. Анализ экологических рисков в России.....	17
1.1.3. Состав оценки экологического риска.....	23
1.1.3.1. Неопределенности при оценке риска.....	28
1.2. Существующие методы оценки экологического риска.....	30
1.2.1. Степень выраженности экологического риска.....	30
1.2.2. Общее представление о вероятности	34
1.2.3. Определение риска через оценку вероятности наступления неблагоприятного экологического события и ущерб, который будет нанесен	36
1.2.4. Оценка экологического риска в соответствии с методиками, разработанными американским агентством по охране окружающей среды.....	43
1.3. Экологическое состояние городских почв.....	48
1.3.1. Городские почвы.....	50
1.3.1.1. Условия и факторы формирования городских почв.....	51
1.3.1.2. Классификация городских почв.....	52
ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	55
2.1. Специфика Московского региона как объекта исследования почвовед-эколога, состояние законодательной базы в области охраны почвенно-земельных ресурсов мегаполиса.....	55
2.2. Характеристика природных условий, почвенного покрова и экологической обстановки на территории Подольского района Московской области и Западного административного округа г. Москвы.....	57
2.2.1. Физико-географические условия.....	57
2.2.1.1. Геологическое строение.....	57
2.2.1.2. Геоморфологическое строение.....	58
2.2.1.3. Климат.....	61
2.2.1.4. Растительный покров.....	63
2.2.1.5. Морфологические особенности городских почв.....	65

2.2.1.6. Грунтовые воды.....	67
2.3. Характеристика экологической обстановки в Московском регионе.....	68
2.3.1. Атмосферный воздух.....	68
2.3.2. Водные объекты.....	70
2.3.3. Почвенный покров города Москвы.....	72
2.3.3.1. Агрохимическая характеристика почв.....	73
2.3.3.2. Загрязнение почв тяжелыми металлами.....	75
2.3.3.3. Загрязнение почв бенз(а)пиреном и нефтепродуктами.....	76
2.3.4. Экологическая обстановка в городе Подольске.....	79
2.4. Характеристика непосредственных объектов и полевых методов исследования.....	80
2.4.1. Характеристика непосредственных объектов, расположенных в городе Подольске.....	81
2.4.2. Характеристика непосредственных объектов, расположенных в Западном административном округе (ЗАО) города Москвы.....	85
2.4.3. Пробоотбор почв на территории города Москвы и города Подольска Московской области.....	90
2.4.4. Пробоотбор снегового покрова на территории города Москвы и города Подольска Московской области.....	93
2.5. Лабораторные методы исследования.....	95
2.5.1. Лабораторные методы исследования почв.....	95
2.5.2. Лабораторные методы исследования снегового покрова.....	96
ГЛАВА 3. ФИЗИЧЕСКИЕ, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИССЛЕДУЕМЫХ ПОЧВ ГОРОДА МОСКВЫ И ГОРОДА ПОДОЛЬСКА МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ.....	97
3.1. Плотность почв.....	97
3.2. Общие физико-химические и химические свойства почв.....	98
3.2.1. Актуальная и обменная кислотность почв.....	98
3.2.2. Содержание органического углерода.....	99
3.2.3. Содержание подвижного (обменного) калия.....	100
3.2.4. Содержание подвижного фосфора.....	100
3.3. Содержание загрязняющих веществ в почвах.....	104
3.3.1. Содержание валовых форм тяжелых металлов в почвах города Подольска.....	105
3.3.2. Содержание валовых форм тяжелых металлов в почвах ЗАО города Москвы.....	108

ГЛАВА 4. ПРОГНОЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ИССЛЕДУЕМЫХ УЧАСТКОВ ПРИ ПОМОЩИ БАЛАНСОВОГО ПОДХОДА.....	114
4.1. Структура балансовой модели загрязнения почв тяжелыми металлами.....	114
4.2. Результаты исследований снегового покрова.....	115
4.3. Прогноз загрязнения почв тяжелыми металлами.....	116
ГЛАВА 5. ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ СТЕПЕНИ ВЫРАЖЕННОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА (СВЭР), ФАКТИЧЕСКОГО, ВЕРОЯТНОГО И МАКСИМАЛЬНОГО УЩЕРБА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ИЗУЧАЕМЫХ ГОРОДСКИХ ПОЧВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ.....	122
5.1. Определение СВЭР и вероятности дальнейшего загрязнения почв тяжелыми металлами.....	122
5.2. Оценка фактического ущерба (стоимость рекультивационных работ) и максимального ущерба от загрязнения почв.....	123
5.3. Расчет вероятного ущерба как показателя риска загрязнения почв.....	127
5.4. Разработка показателя СРВУ почв.....	128
ГЛАВА 6. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БАЛАНСОВОГО И ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕТОДОВ ОЦЕНКИ РИСКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ.....	131
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	137
ВЫВОДЫ.....	139
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	141

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы.

Одной из важнейших задач, стоящих перед прикладным почвоведением, является прогноз состояния почвенного покрова техногенных территорий в ближне- (0-5 лет) и среднесрочной (5-10 лет) перспективах. Особенно важна корректная оценка вероятного загрязнения почв токсическими веществами при определенном уровне техногенной нагрузки. Для подобной оценки почвоведцами разработаны представления об устойчивости и буферности (как об одном из механизмов устойчивости) почв к воздействию загрязняющих веществ различной природы (Глазовская, 1976, 1981, 1988, 1992; Мотузова, 2000 и др.), об экологическом нормировании воздействия и нагрузки на почвенный покров (Воробейчик, Садыков, Фарафонов, 1994; Макаров, 2002; Яковлев, Макаров, 2006; Яковлев, Евдокимова, 2011).

В тоже время, существенно вероятностный характер оценки будущего загрязнения почв (или его отсутствия), «заставляет» специалистов обращаться к методологии, используемой в науке о рисках – рискологии (Башкин, 2007), одним из важнейших разделов которой является учение об экологическом риске, понимаемом в соответствии со ст.1 Федерального закона РФ от 10.01.02 от №7-ФЗ «Об охране окружающей среды» как «...вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера» (Закон Российской Федерации об охране окружающей среды №7-ФЗ от 10 января 2002 г.). Вполне очевидно, что определение риска от химического загрязнения почв как «нежелательные для человека и почв последствия антропогенной деятельности, которые могут произойти с определенной долей вероятности» (Овчинникова, 2003) в значительной степени базируется на указанном выше представлении об экологическом риске. Кроме того, риск загрязнения почв чаще всего рассматривается при существующем уровне техногенной нагрузки (Nilsson, 1986; Савватеева, 2005; Макаров, Редько, Гучок, 2011) без учета возникновения аварийных ситуаций и катастроф природного и/или техногенного характера (Легасов, Демин, Шевелев, 1984; Кофф, Гусев, Воробьев, Козьменко, 1997;

Шахраманыян, 2000; Осипов, Дымов, Зилинг и др., 2001; Башкин, 2007; Яковлев, Евдокимова, 2011).

Основным методическим приемом, используемым в работах по оценке риска загрязнения почв, является сопоставление реальной нагрузки загрязняющих веществ на территорию с нагрузкой критической этих же веществ на ту же территорию. Однако указанный подход, как правило, сопряжен с использованием трудоемких балансовых расчетов (оценка потоков поступления, выноса и количеств аккумулированных загрязнителей в почвах) – Т.Н. Лубкова (2007). Кроме того, не столь однозначным является и точное определение величины критической нагрузки на конкретную почву (Овчинникова, 2003).

Пока крайне немногочисленными являются попытки оценить экологический риск вообще и риск загрязнения почв, в частности, при помощи эколого-экономических методов. Так, для количественной оценки экологического риска была предложена формула (1) – В.Т. Алымов, Н.П. Тарасова (2005):

$$R = P \times U \quad (1),$$

где R – величина экологического риска, руб.;

P – вероятность неблагоприятного события (например, загрязнения почв), безразмерная величина, принимающая значения от 0 до 1.0;

U – ожидаемый ущерб в результате неблагоприятного события, руб.

Таким образом, с методической точки зрения существует возможность оценки риска загрязнения почв как вероятного ущерба, наносимого им. Особенно интересны такие исследования для быстро меняющихся городских почв, подверженных интенсивной, постоянно действующей техногенной нагрузке и подсыпке «свежего» материала почвогрунтов.

Цель настоящей работы: провести оценку риска загрязнения почв участков, расположенных в непосредственной близости от промышленных предприятий города и/или автомобильных и железнодорожных магистралей Москвы и Московской области (г. Подольск), с использованием эколого-экономических подходов.

Задачи:

1. Провести анализ отечественных и зарубежных исследований, законодательных и нормативно-методических документов в области оценки экологических рисков.
2. Изучить физические, физико-химические и химические свойства почв участков, расположенных в функциональной зоне производственного назначения и территории транспортной инфраструктуры города Москвы и города Подольска Московской области.
3. Оценить уровень загрязнения изучаемых городских почв тяжелыми металлами 1-го и 2-го классов опасности (Pb, Cd, Zn, Cu).
4. Провести прогнозирование химического загрязнения изучаемых почв тяжелыми металлами на основе расчетных моделей и балансовых подходов, в том числе – результатов оценки пылевой нагрузки на территории участков города Москвы и города Подольска.
5. Рассчитать величины степени выраженности экологического риска (СВЭР), фактического, вероятного и максимального ущерба загрязнения изучаемых городских почв тяжелыми металлами.
6. Провести сравнительный анализ балансового и эколого-экономического методов оценки риска загрязнения почв.

Научная новизна. Впервые предложен эколого-экономический подход к оценке риска загрязнения почв, где важнейшим показателем указанного риска выступает величина вероятного ущерба, определяемого как произведение максимально возможного ущерба, который только может быть нанесен почвам в результате их химического загрязнения, и вероятности ухудшения качества почв, которая выводится экспертным путем из величины СВЭР.

Разработана шкала ранжирования для показателя риска, отражающего отношение фактического ущерба к вероятному ущербу. При проведении ранжирования использовались – а) экспертная оценка возможности и времени сближения значений этих двух видов ущерба и б) существующий опыт нормирования индивидуальных и комплексных показателей качества почв.

Установлено существенное различие между результатами прогноза загрязнения почв городских участков, полученными балансовым и эколого-

экономическим методами. Указанное различие обусловлено недоучетом в примененном балансовом методе таких факторов поступления тяжелых металлов в городские почвы, как хозяйственная деятельность по благоустройству территорий, обработка объектов автомобильного и железнодорожного транспорта противогололедными материалами и т.д.

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

1. В почвах участков, расположенных в непосредственной близости от промышленных предприятий города и/или автомобильных и железнодорожных магистралей Москвы и Московской области (г. Подольск), отмечается накопление тяжелых металлов 1-го и 2-го классов опасности по сравнению с нормативными показателями их фонового и предельно допустимого содержания. Прогноз дальнейшего загрязнения почв существенно изменяется при применении различных методов – балансового или эколого-экономического.

2. Понимание экологического риска как произведения вероятности неблагоприятного события и ожидаемого ущерба в результате этого события позволяет подойти к определению риска загрязнения городских почв локальных участков г. Подольска и г. Москвы как к эколого-экономической оценке этих территорий.

Практическая значимость.

Разработанные системы рекультивации почвенного покрова на всех изучаемых участках города Москвы и города Подольска могут быть предложены Природоохранным ведомствам этих городов для разработки принципов рационального природопользования на техногенных городских территориях, в том числе, – уменьшения интенсивности геохимических потоков загрязняющих веществ из очагов загрязнения в сопредельные ландшафты.

Рассчитанные величины ущерба/вреда от загрязнения почв локальных участков Московского региона могут использоваться в ходе реализации Программы по инвентаризации объектов накопленного экологического ущерба, проводимой Федеральной службой по надзору в сфере природопользования.

Апробация работы. Основные положения диссертации докладывались и обсуждались на «XXII Международной конференции студентов, аспирантов и

молодых учёных «Ломоносов»» (Москва, 2015), 7-м Конгрессе Европейского Общества Охраны Почв «Агроэкологическая оценка и эколого-функциональная оптимизация почв и наземных экосистем» (Москва, 2015), Международной конференции Megacities 2050: environmental consequences of urbanization in Europe (Мегаполисы 2050: экологические последствия европейской урбанизации) (Москва, 2016).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 9 работ, в том числе 5 в рецензируемых журналах из списка ВАК.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав, выводов, списка литературы, включающего 120 отечественных и 16 зарубежных работ. Содержательная часть диссертации изложена на 140 страницах, иллюстрирована 29 рисунками, 31 таблицами.

Благодарности. Выражаю глубокую признательность и благодарность научному руководителю д.б.н., профессору Макарову О.А. за неоценимую помощь в подготовке данной работы, ценные советы и поддержку. Искренне признателен д.б.н., профессору Яковлеву А.С. за проявленный интерес к работе и высококвалифицированные консультации.

Благодарен всем сотрудникам кафедры земельных ресурсов и оценки почв факультета почвоведения МГУ за ценные научные консультации, замечания и советы.

ГЛАВА 1.

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА

1.1. Экологические риски: основные понятия и определения, история изучения, классификация.

Традиционно, оценка экологического риска применяется в тех случаях, когда невозможно дать однозначный ответ о техногенном воздействии на состояние окружающей природной среды и здоровье человека.

Разработка оценки экологического риска в Российской Федерации находится на стадии становления. Важным этапом решения этой проблемы явилось определение понятия «**экологический риск**» в Федеральном законе РФ от 10.01.02 от №7-ФЗ «Об охране окружающей среды». В соответствии со ст.1 Закона, экологическим риском является «...вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайными ситуациями природного и техногенного характера».

А под **оценкой экологического риска** понимается процесс оценки вероятности возникновения обратимых или необратимых изменений в биогеохимической структуре и функциях экосистем в ответ на антропогенное воздействие.

Экологическая оценка риска дает возможность определить вероятность появления обратимых или необратимых эффектов в экосистемах в ответ на антропогенное воздействие и принять те или иные меры по предотвращению вредного воздействия (Башкин, 2007).

В течение многих десятилетий большинство проблем окружающей среды в мире изучалось и регулировалось почти исключительно в применении к человеческому здоровью. Поскольку здоровая окружающая среда обязательна для человеческого благополучия, то и экологические, и человеческие проблемы здоровья тесно переплетаются. Учитывая эту жизненную связь между экосистемами и человеческим здоровьем, необходимо сбалансировать экологические и человеческие проблемы здоровья.

В течение десятилетий основным критерием в оценке риска человеческому здоровью была смертность. Но в последние годы организации по охране окружающей среды и живой природе начали менять подходы в рискологии и

включать более тонкие и долгосрочные эффекты при изучении развития и воспроизводства в природе (Башкин, 2007).

Классификацию рисков можно провести в зависимости от основной причины их возникновения:

- *природные риски* – риски, связанные с проявлением стихийных сил природы; землетрясениями, наводнениями, подтоплениями, бурями и т. п.;
- *техногенные риски* – риски, связанные с опасностями, исходящими от технических объектов;
- *экологические риски* – риски, связанные с загрязнением окружающей среды;
- *коммерческие риски* – риски, связанные с опасностью потерь в результате финансово-хозяйственной деятельности.

С точки зрения применения понятия риска при его анализе и управлении техногенной безопасностью важными категориями являются деятельности (Алымов, Тарасова, 2005; Сынзыныс, Тантова, Мелехова, 2005):

- *индивидуальный риск* – риск, которому подвергается индивидум в результате воздействия исследуемых факторов опасности;
- *потенциальный территориальный риск* – пространственное распределение частоты реализации негативного воздействия определенного уровня;
- *социальный риск* – зависимость частоты событий, в которых пострадало на том или ином уровне число людей больше определенного, от этого определенного числа людей;
- *коллективный риск* – ожидаемое число смертельно травмированных в результате возможных аварий за определенный период времени;
- *приемлемый риск* – уровень риска, с которым общество в целом готово мириться ради получения благ и выгод в результате своей деятельности.

1.1.1. Анализ экологических рисков в зарубежных странах

В 80-е годы XX в. зарубежные исследователи под *оценкой риска* стали понимать процесс определения масштабов опасности каких-либо явлений или процессов для людей или окружающей среды (Lee N, Walsh F, 1992). Если раньше речь шла об обеспечении безопасности человека – его здоровья и окружающей среды, которая понималась как абсолютная защита от вредных воздействий (особенно от канцерогенных веществ), – то в начале 80-х годов речь шла уже о

проблеме риска, которая делилась на два независимых элемента – оценка риска (Risk Assessment) и управление риском (Risk Management). Под первым понималось выяснение содержания (характера и масштабов) существующего риска, т. е. основы для последующего принятия решений, а под вторым – практическая деятельность, направленная на снижение риска.

Важная составная часть системы регулирования риска – создание в 1979 г. Федерального агентства по управлению в чрезвычайной обстановке (ФАУЧО). Основная цель при создании этого органа – централизация функций и укрепление ведущей роли федерального правительства в чрезвычайных условиях и разработка комплексной системы управления в экстремальной обстановке независимо от причин ее возникновения. Комплексная система управления в чрезвычайной обстановке, одобренная ФАУЧО, предусматривает выполнение двух основных функций: 1) сбор, обработку и анализ информации; 2) разработку и реализацию мер по уменьшению риска возникновения экстремальной ситуации или смягчению ее последствий для населения и экономики.

Долгое время основное внимание уделялось техногенному риску в наиболее опасных отраслях промышленности и областях науки – ядерной энергетике, нефтедобыче и переработке, сейсмологии (Cairns J. and Niederlehner B. R., 1993).

Представляет интерес отношение к вопросам предупреждения вреда от промышленной деятельности в Нидерландах. Первые соответствующие законодательные акты были приняты там более 150 лет назад. Законом предусматривается создание разрешительной системы; суть ее заключается в том, что местные власти в провинциях и муниципалитетах рассматривают обращения о создании промышленных объектов и о соблюдении условий, необходимых для защиты населения и окружающей среды от вредных воздействий. Соответствующие заявления и проекты решений открыты для обсуждения общественностью, которая может выдвигать возражения против выдачи разрешений. Эта система страдает одним существенным недостатком – в ней отсутствуют четкие критерии для обоснованных и объективных выводов, касающихся допустимых пределов технологического риска при создании промышленных объектов. Поэтому такая система служит скорее инструментом осуществления намеченных решений (проектов решений), чем их обсуждения.

Аналогичное законодательство применяется и в отношении перевозки опасных материалов и выбросов вредных веществ в окружающую среду (особенно канцерогенных).

На формирование подходов к решению вопросов, связанных с проблемой риска в Японии, существенное влияние оказали столь различные факторы, как географическое положение страны и темпы ее социально-экономического развития. Большой риск природных бедствий, таких, как землетрясение или наводнение, часто происходящих в Японии, уже давно вынуждал население и власти осуществлять защитные мероприятия по снижению вредных последствий этих бедствий. В XX в. к природным действиям присоединился такой фактор, как быстрый рост промышленности, особенно после второй мировой войны, сопровождающийся массовым и повсеместным загрязнением окружающей среды, что особенно остро ощущается в густонаселенных районах страны. Все это привело к тому, что вопросы контроля над снижением вредных последствий от производственной деятельности и попытки снизить технологический риск до сих пор занимают видное место, как в общественной, так и в политической жизни Японии.

Проблема загрязнения окружающей среды антропогенного происхождения стала здесь настолько острой, что в значительной мере предопределила активную роль в ее решении государственного аппарата и несколько снизила значение экономических факторов. В результате в стране был принят ряд государственных актов по регулированию процессов загрязнения окружающей среды, особенно воздуха. С конца 70-х годов вопросы риска от негативного промышленного воздействия на окружающую среду стали важным элементом в деятельности и государственного аппарата, и частных фирм. Снижение темпов роста экономики Японии в тот период в сочетании с высокой стоимостью защитных мероприятий тормозящим образом сказалось на этой сфере деятельности, что проявляется в определенной непоследовательности и незавершенности предпринимаемых мер. Рост использования пестицидов, гербицидов и других веществ, вредно воздействующих на здоровье человека, вызывает все увеличивающуюся озабоченность японской общественности.

Можно считать, что японские ученые стали непосредственно и активно участвовать в разработке вопросов, напрямую связанных с проблемой риска, со времени создания в 1951 г. при университете в Киото научно-исследовательского института предупреждения бедствий (The Disaster Prevention Institute) и использования концепции вероятности при разработке планов мероприятий по предупреждению наводнений. С тех пор институт существенно расширился и распространил свою деятельность на другие виды природных бедствий — на землетрясения, тропические ураганы, береговые осыпи, сели и др. Исследования в этой сфере получают признание общественности и помогают осуществлению многих мероприятий предупредительного характера, в которых активное участие принимают также местные органы власти.

Серия крупных аварий в ряде западноевропейских стран – членов Общего рынка вызвала озабоченность общественности и поставила органы управления Общего рынка перед необходимостью привести существующие законодательства в государствах – членах этой группировки в соответствие с сегодняшними требованиями. В результате была издана директива 82/501/СЕЕ (известная под названием «Послесевезская директива»), перекрывающая национальные законодательные акты стран, входящих в Общий рынок и обязанных теперь внести соответствующие изменения в свои законодательства по обеспечению технологической безопасности. Основные положения директивы 82/501/СЕЕ могут быть сведены к следующему:

- в каждой стране создается соответствующий государственный орган;
- владельцы предприятий сообщают компетентным органам власти о деятельности, связанной с производством опасных веществ (перечисленных в приложении к: директиве);
- при превышении определенных объемов этих веществ; производители обязаны сообщить о принятых мерах безопасности и представить информацию, необходимую для составления планов действий на случай возникновения чрезвычайной обстановки;
- власти обязаны обеспечить проведение инспекций, чтобы удостовериться, что меры безопасности соблюдаются;

- планы действий на случай возникновения чрезвычайной обстановки должны быть подготовлены соответствующими службами;
- общественности необходимо предоставить информацию о размерах риска, возникающего в результате данной деятельности;
- о крупных авариях должны быть поставлены в известность компетентные власти, в свою очередь информирующие комиссию Общего рынка;
- эта комиссия должна хранить сведения о крупных авариях и представлять их членам Общего рынка для предотвращения соответствующих аварий в будущем.

Выбор методики анализа и выработка критериев безопасности оставлены на усмотрение национальных законодательных органов, также как и вопросы использования характеристик, не поддающихся количественному выражению.

Развивающиеся страны с их широким разнообразием культур и традиций по-разному подходят к решению проблем промышленного развития и соответственно к вопросам технологического риска и производственной безопасности. Программы индустриализации большинства развивающихся стран независимо от их специфических особенностей неизбежно обладают некоторыми общими подходами к риску, возникающему от возможных нарушений промышленной и экологической безопасности. Среди этих подходов:

- фиксация в программах допустимых уровней риска, возникающего при создании промышленных объектов и инженерных сооружений;
- оценка риска на фоне предполагаемых социально-экономических выгод в результате осуществления программ развития;
- мероприятия по предотвращению производственных аварий и способы управления производствами в критических ситуациях с учетом имеющихся в стране технических и других возможностей.

Как показывает опыт, особенности демографической обстановки в развивающихся странах способствуют тому, что одной из основных задач при создании промышленных объектов становится обеспечение производственной безопасности в условиях, когда на объектах используются кадры, имеющие недостаточную техническую подготовку. Снижение степени риска в этих странах, каким бы незначительным оно ни казалось на первый взгляд, безусловно, принесет

весьма реальные результаты, причем в кратчайшие сроки. Это уже частично ощущается в некоторых развивающихся странах, осуществляющих программы промышленного развития. По данным Всемирной организации здравоохранения, в развивающихся странах риск заболеваний, возникающих в результате экологических нарушений, до сих пор остается очень высоким. Развитие сельского хозяйства и другие объективные причины способствуют расширению там производства химических веществ, крупные концентрации которых негативно влияют на состояние окружающей среды. Отсутствие возможностей установить стандарты допустимых уровней концентрации вредных веществ на производстве и тем более контролировать их соблюдение ставит перед правительством развивающихся стран достаточно сложные задачи по идентификации разных видов риска и мер, направленных на их снижение.

В ряде стран, таких, как Индия, начинает распространяться система оценки риска как обязательного условия при решении вопросов о создании крупных производственных и других объектов (гидростанций, нефтеперерабатывающих комплексов, заводов по производству удобрений и др.). Однако отсутствие надежной и проверенной информации приводит к тому, что решения по вопросам риска принимаются в условиях недостаточной осведомленности. Что касается вопросов введения максимально допустимых доз вредных веществ в трех средах (воздухе, воде и почве), то они решаются в основном исходя из реально существующих условий, а не на основе научных рекомендаций или выводов.

При существующей обстановке в большинстве развивающихся стран было бы нереально ожидать от них создания в скором времени сколько-нибудь развитой системы регулирования промышленной деятельности – оптимального снижения технологического риска и обеспечения производственной безопасности.

В Международном институте прикладного системного анализа (ИИАСА) достаточно широко ведутся работы в области риска, причем и по теоретическим, и по прикладным аспектам. Сложившаяся группа ученых (как в самом институте, так и вне его) сосредоточила свое внимание на определении риска при проведении некоторых, в основном крупномасштабных, работ.

Конкретным поводом для исследований проблемы риска стала авария на морской нефтяной установке в Северном море (1978 г.), которая привела к

серьезному загрязнению норвежского сектора моря. Исследование причин и последствий этой аварии, по сути дела, явилось введением в поиск оптимальных управленческих решений в условиях, когда, несмотря на малую вероятность, нельзя исключать возможность крупных аварий с тяжелыми последствиями. Проведенный в тот период опрос ученых свидетельствовал об увеличивающемся их интересе к проблемам риска, производственной безопасности и управления при возникновении аварий на производстве.

Как мультидисциплинарный процесс, экологическая оценка риска включает данные, информацию и принципы из многих научных областей науки таких, как химия, экология, биология, популяционная биология, геология, токсикология и гидрология. Эти процессы используются для того, чтобы провести оценку опасности, в которой определена токсичность для различных организмов, и оценить степень воздействия на окружающую среду.

1.1.2. Анализ экологических рисков в России

Начало исследованиям природных рисков в России было положено, по всей видимости, в 70-х годах небольшой группой сейсмологов из Института физики Земли АН СССР (ныне ОИФЗ РАН и МИТΠΑИ), возглавляемой академиком В.И. Кейлисом-Бороком. Знаменательно, что примерно к этому времени большинство западных риск-аналитиков относят начало современной деятельности по количественному анализу разнообразных рисков. 30 лет назад эта деятельность была преимущественно связана с разработкой методологии обеспечения безопасности сложных технических систем и опасных производств – ядерных, космических, химических и т.п.

Сейсмический (Кейлис-Бороковский) период исследований природных рисков охватывает примерно 15 лет, с 1970 по 1984 г. Его можно назвать периодом эпизодических исследований, так как они проводились только указанной группой ученых, ограничивались сейсмической опасностью и были практически неизвестны специалистам, которые занимались вне стен Академии наук изучением опасных экзогенных процессов.

К основным и непревзойденным до сих пор (в части обоснованности) достижениям рассматриваемого периода следует отнести:

1. Создание первой в мире методики оценки сейсмического риска, позволяющей рассчитывать вероятностную функцию распределения суммарного (от нескольких землетрясений) экономического ущерба, среднегодовой ущерб, а также число городов и их жителей, испытавших сейсмические сотрясения определенной интенсивности за заданный период времени;
2. Апробацию этой методики в Центральной Италии, на Кавказе, для населения крупнейших городов мира, для обоснования антисейсмических мероприятий на БАМе и страхования сейсмического риска в сельской Грузии.

Именно в 70-80-е годы наиболее эффективно происходило развитие методов и моделей для оценки частоты и масштабов событий с негативными последствиями. Прежде всего, как уже упоминалось выше, это было связано с оценкой риска атомных реакторов, используемых для производства энергии. В результате проведенных исследований были разработаны ставшие широко известными методы построения деревьев отказов и последствий, получаемые на базе совместного применения статистических данных по отдельным элементам сложного объема или системы и имитационных технологий (метод Монте-Карло). В дальнейшем этот подход был развит и успешно применялся к другим опасным промышленным объектам, социально-экономическим системам и природным явлениям.

Указанные пионерные разработки, опередившие (в России, но не в индустриально развитых странах мира) свое время, заложили основы современной методики вероятностного прогнозирования и оценки сейсмической опасности с использованием показателей риска. Но они, к сожалению, не были доведены в то время до широко практического применения из-за отсутствия соответствующего социального заказа и конкретных предложений по дальнейшему использованию полученных результатов. Видимо поэтому эти исследования были практически прекращены в середине 80-х годов.

Начало современной истории анализа природных рисков в России связано с двумя крупными событиями. Первое из них – это составление в 1989 – 1990 гг. по заданию Минстроя России первой карты природного риска строительного освоения территории России масштаба 1:5 000 000 в составе «Общей схемы инженерной защиты территории России». В основу карты положена система перекрестного

трехрядного районирования территории по основным регионально-геологическим, зонально-климатическим и техногенным факторам развития природных опасностей. Карта характеризует риск единовременных и ежегодных социальных и экономических потерь (чел.; млн руб./20 тыс кв. км в год) в любой точке территории от 22 наиболее опасных природных и техноприродных процессов (ОПТП), развитых в нашей стране (оползни, обвалы, сели, лавины, карст, разрушение берегов морей и водохранилищ, землетрясения, ураганы и смерчи, наводнения и т.д.). Помимо указанной информации, по этой карте можно легко установить для каждой такой точки возможную интенсивность (сейсмический балл, объемы и скорости смещения пород, площадь поражения и т.п.) и повторяемость (частоту) ОПТП.

Анализ рассматриваемой карты позволил впервые получить представление о существующих и возможных в будущем социальных и экономических потерях России от ОПТП, об их распределении по территории страны, в том числе - по субъектам Федерации и городам, а также о степени опасности отдельных процессов. Все это послужило основой для разработки государственной политики Минстроя России по инженерной защите территорий, зданий и сооружений от ОПТП, а также принятия и реализации в 1991 – 1998 гг. двух целевых научно-технических программ (ЦНТП) министерства: «Строительство в экстремальных условиях» и «Инженерная защита», позволивших разработать основы теории оценки и управления природными рисками.

Вторым по времени, но первым по значимости событием в современной истории анализа природных рисков в России стала, безусловно, организация и проведение начиная с 1991 г. комплексных исследований природных рисков по ГНТП (ныне ФЦНТП ПП) «Безопасность» (руководителем работ по «природному» блоку программы был академик РАН В.И. Осипов). К исследованиям по этой программе были привлечены практически все ведущие специалисты и организации России, занимающиеся изучением, прогнозированием и предупреждением ОПТП. Можно считать, что с данной из указанных выше программ собственно и началась история систематических исследований природных рисков в нашей стране, насчитывающая примерно 10 лет. Дополнительно также отметим, что в 90-х годах в Институте литосферы РАН (руководитель Г.Л. Кофф), а также в ВИА им. В.В.

Куйбышева и во ВНИИГОЧС (руководитель М.А. Шахрамьян) были начаты относительно независимые от охарактеризованных выше программ исследования по оценке сейсмического риска.

Среди наиболее существенных научных и практических результатов периода систематических исследований природных рисков в России с 1991 г. по настоящее время можно выделить следующие:

1. Разработка методики вероятностной оценки сейсмического риска в виде ожидаемого числа зданий, получивших определенные повреждения, количества людей в этих зданиях и единовременного экономического ущерба от землетрясений определенной интенсивности;
2. Создание методологии и общей методики оценки, картографирования и управления природными рисками с использованием вероятностных показателей среднесуточных социальных, экономических и экологических потерь и их индивидуальных и удельных значений, а также концепции допустимого уровня природного риска;
3. Использование этих разработок (п. 2) для обоснования проектных решений по хозяйственной организации территорий и инженерной защите от различных ОПТП Каспийского побережья России, городов Махачкала, Дербент, Каспийск, Сулак, Грозный, а также Ставропольского края, полуострова Ямал, Большого Сочи и т.д.;
4. Применение ГИС-технологий для оценки и картографирования сейсмического риска на урбанизированных территориях;
5. Постановка научных исследований по страхованию сейсмических рисков в России;
6. Введение в СНиП 11-02-96 «Инженерные изыскания для строительства» требования об оценке и составлении карт геологических и других природных рисков в составе обоснований инвестиций и проектов строительства на территории России;
7. Принятие в 1997 г. Федеральных законов России «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» и «О безопасности гидротехнических сооружений», устанавливающих необходимость оценки техногенных и природных рисков в составе деклараций безопасности этих объектов;

8. Разработка ГИС-технологий оперативного прогнозирования объемов разрушений и социальных потерь от землетрясений по данным об их магнитуде, глубине очага и координатах, а также сведений о сейсмических, инженерно-геологических, технических, демографических и других условиях поражаемых объектов, если они имеются (табл. 1.1).

Таблица 1.1. Классификация опасностей и рисков по источникам их возникновения и поражаемым объектам-мишеням

Источник	Объем		
	Природный	Социальный	Техногенный
Природный	Природный	Природно-социальный	Природно-техногенный
Социальный	Социо-природный	Социальный	Социо-техногенный
Техногенный	Техно-природный	Техно-социальный	Техногенный

В первые 10-20 лет 21 века развитие риск-анализа в России, скорее всего, будет связано со следующими направлениями:

1. Дальнейшее совершенствование теории и практики оценки природных рисков применительно к отдельным ОПТП, комплексам этих процессов, территориям, объектам экономики и решаемым задачам, включающее:
 - а) разработку новых вероятностно-детерминированных методик локального и регионального прогнозирования геологических и гидрометеорологических опасностей во времени и пространстве с учетом их синергетики и техногенных воздействий;
 - б) создание научно обоснованных методов оценки уязвимости территорий, зданий, сооружений и их систем для природных опасностей разного генезиса, интенсивности и длительности воздействия;
2. Разработка теории управления природными рисками, основанной на концепции их допустимости (приемлемости) на какое-то время на локальном, региональном и федеральном уровнях принятия решений по предупреждению негативных последствий ОПТП;
3. Разработка и внедрение в практику ГИС-технологий идентификации и прогнозирования ОПТП, оценки и управления природными рисками;
4. Укрепление нормативно-методической и законодательной базы оценки и управления природными рисками, включающее создание и принятие методик и законов о страховании этих рисков;

5. Трансформация на указанной выше принципиальной основе риск-анализа природных опасностей, выполняемого в настоящее время отдельными и немногочисленными группами специалистов, в государственный механизм предупреждения ОПТП, понятный лицам, принимающим решения, и заинтересованной части общества.

Вместе с тем, уже в 80-х годах стало понятно, что только оценки вероятности и масштабов последствий недостаточно для принятия решений по управлению риском. Выявилась важность темпа нарастания риска (Гродзинский, 1988). Все более значимой становилась роль человека не только как одного из источников риска, но и как реципиента риска и лица принимающего решения. Наряду с такими дисциплинами в области теории риска, как анализ, оценка и управление риском, интенсивно стали развиваться исследования, связанные с восприятием риска. В круг исследователей в рассматриваемой области стали все больше вовлекаться специалисты, изучающие психологические и социальные аспекты. Исследования показали, что персональный опыт человека существенно влияет на принятие решений в условиях риска, причем поведение человека существенно зависит не только от вероятности и последствий ожидаемых событий, но и от целого ряда других факторов.

Процесс принятия решения в условиях риска определяется большим числом факторов, причем результаты принятия решения зависят от правильного восприятия имеющейся информации. Исследования показали, что разные социальные слои по-разному воспринимают одну и ту же информацию о риске. Чем более масштабны ожидаемые последствия проявления риска, тем на более высоком уровне принимаются решения об управлении им. Это значит, что необходимо иметь методологию перевода научной информации в адекватные формы при принятии политических и законодательных решений. В связи с этим в последние годы все более активно развивается еще одно направление – трансформация информации о риске (risk communication).

В целом же можно сказать, что в настоящее время происходит формирование междисциплинарной научно-практической дисциплины о риске, которая объединяет многочисленные методы естественных и гуманитарных наук. Конференция Европейского общества по анализу риска (октябрь 1998 г., Париж)

показала, что происходит переход от методических и модельных аспектов количественного изучения риска к философскому осмыслению и всестороннему учету качественных характеристик.

Особенности современного этапа развития наук о риске связаны с комплексным рассмотрением большого набора характеристик, которые, кроме частоты и масштабов последствий, включают также пространственно-временные свойства проявления риска и социально-психологические показатели, объективно не оцениваемые в денежном выражении. Настоящий этап отражает многообразие форм проявления риска, но вместе с тем приводит к значительному усложнению методов его оценивания, анализа и управления.

Наряду с изучением и оценкой техногенных и природных рисков в зарубежных и отечественных работах выкристаллизовалось представление об экологическом риске, под которым стали понимать вероятность деградации окружающей среды или перехода ее в неустойчивое состояние в результате текущей или планируемой хозяйственной деятельности, а также чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (Мазур, Молдаванов, Шишов, 1996; Измалков, Измалков, 1998). Нередко экологический риск представляют в виде функции двух факторов: устойчивости (уязвимости) ландшафта к внешнему воздействию и экологической опасности вида пользования (Макаров, 2003).

Таким образом, понятие «экологический риск» вобрало в себя содержательное наполнение и природного, и техногенного рисков. При этом оценивается то предполагаемое, то существующее воздействие, а в качестве объекта воздействия выступают то природная среда (реже), то состояние здоровье человека (чаще).

Представляется, что для исследователя-естествоиспытателя особый интерес представляет определение состояние здоровья человека и степени техногенной измененности различных природных компонентов в условиях существующего техногенного воздействия на изучаемую территорию (Овчинникова, 2003).

1.1.3. Состав оценки экологического риска

Для проведения оценки экологического риска необходим анализ информации, характеризующей экологическую ситуацию района, включающий оценку устойчивости окружающей природной среды и характера техногенного

воздействия. Оценка устойчивости окружающей природной среды должна содержать комплексный анализ устойчивости компонентов среды – геодинамическую, геохимическую, биологическую устойчивость (рис. 1.1.). Геодинамическая составляющая устойчивости характеризует в первую очередь геологическую среду, как одну из компонент окружающей природной среды, во многих случаях являющуюся аккумулятором загрязнений. Анализ геологических, гидрогеологических, гидрологических, геоморфологических условий, а также активности природных процессов и явлений дает возможность проведения оценки состояния и экологического (эколого-геологического) потенциала геологической среды.



Рисунок 1.1. Анализ устойчивости окружающей природной среды при оценке экологических рисков

При рассмотрении достаточно крупных территорий необходимо также рассматривать как составляющую экологической устойчивости – микроклиматические особенности (Оценка и управление..., 2000).

Загрязнение природных ландшафтов, как правило, носит пятнистый, мозаичный характер, что в значительной степени обуславливается ландшафтно-геохимическими особенностями территории, определяющими трансформацию, условия и характер миграции химических веществ, их концентрацию на отдельных участках. Оценка ландшафтно-геохимических особенностей дает возможность

характеризовать геохимическую устойчивость территорий. Важной составляющей при определении устойчивости окружающей среды является оценка устойчивости биоценозов (как наземных экосистем, так и водных биоценозов) к различным типам техногенного воздействия. При оценке экологических рисков для значительных территорий при анализе устойчивости природной среды необходимо также рассматривать микроклиматические особенности района как одну из составляющих экологической устойчивости территории.

Другим аспектом, определяющим экологический риск, является характер техногенного воздействия, включающий в себя интенсивность, масштабность, периодичность и тип воздействия. Интенсивность техногенного воздействия характеризуется такими параметрами антропогенного влияния как длительность воздействия, его частотные характеристики, а также амплитудой изменения воздействия во времени.

Масштабность техногенного воздействия может характеризоваться пространственными показателями и мощностью воздействия. Пространственные показатели могут быть подразделены на точечные воздействия, локальные воздействия, охватывающее первые кв. км, и региональное воздействие, охватывающее значительные территории (десятки и сотни кв. км), сопоставимые с крупными природными регионами или административно-территориальными единицами. Мощность техногенного воздействия определяется удельными величинами антропогенного влияния, среди которого могут быть выделены незначительное воздействие, слабое, среднее, сильное и очень сильное. От интенсивности и масштабности техногенного воздействия зависит степень изменения природной среды и, в конечном итоге, – ее возможность к самовосстановлению. Среди временных показателей техногенного воздействия, определяющих в том числе и его периодичность, выделяются постоянное воздействие, импульсное (периодическое или эпизодическое) и мгновенное или аварийное (возникающее внезапно) техногенное воздействие. Важной характеристикой антропогенного влияния является его тип, т.е. природа воздействия – физическое, химическое, технико-механическое, геодинамическое или биологическое воздействие.

Следующим этапом оценки экологического риска является создание модели взаимодействия природной среды и техногенного объекта. Негативное влияние техногенных объектов на окружающую среду сопровождается реакцией природной среды на техногенное воздействие. Последствиями взаимодействия окружающей среды и техносферы являются изменения экологической ситуации, как правило, негативные. Такие изменения могут быть обратимыми и необратимыми. Соотношение полностью необратимых и обратимых изменений природной среды, происходящих при самовосстановлении, и при восстановительных мероприятиях весьма влияет на степень экологического риска.

Остановимся на характеристиках, которые в настоящее время используются при оценке и анализе риска. Прежде всего, это вероятность событий с негативными последствиями, которая может оцениваться как на основе статистических данных, так и с помощью теоретико-вероятностных методов. Диапазон изменения вероятности – от нуля (невозможное событие) до единицы (достоверное событие). Как уже говорилось выше, второй важной характеристикой риска являются размеры последствия и ущерба, которые могут изменяться от нуля до бесконечности. В зависимости от вида риска и качества доступной информации необходимо учитывать точность оценки вероятности и ущерба (от доверительного интервала до неопределенности).

Целый ряд дополнительных свойств и параметров риска связан с пространственно-временными характеристиками проявления его последствий. Пространственная составляющая определяется масштабом (географией) последствий риска. Последствия, независимо от частоты реализации, могут проявляться локально, регионально или глобально. Временная составляющая определяется формой проявления последствий (от мгновенного до длительного), а также наличием отдаленных эффектов.

К числу существенных свойств риска в последние годы относят возможность возмещения ущерба, которая может изменяться от нуля до полной компенсации или восстановления. При этом число возможных механизмов компенсации достаточно велико (страхование, резервные фонды, централизованная компенсация, ретроактивное коллективное возмещение и др.).

Принципиально новым свойством риска следует считать наличие последствий, которые нарушают индивидуальные, социальные и культурные интересы, генерируют социальные конфликты и негативные психологические реакции людей. Качественный характер данного свойства определяется тем, что для него отсутствует денежная оценка последствий.

Проводимые в последние годы исследования показывают, что риски по своей природе крайне неоднородны. В зависимости от вида источника риска, пространственно-временных свойств проявления негативных последствий риски могут быть классифицированы в соответствии с рядом признаков (Ренн, 1999). Дана достаточно оригинальная классификация, которая основана на группах сочетаний описанных выше характеристик. Для наглядности идентификации соответствующих типов рисков использована греческая мифология.

Тип 1. Дамоклов меч. Данному типу соответствует относительно малая вероятность событий и одновременно катастрофически высокий потенциальный ущерб (ядерная энергия, химические заводы, плотины). Особенность данного типа риска состоит в том, что его источниками в основном являются сложные промышленные объекты, по которым либо существует статистика (хотя бы в виде малой выборки), либо выполнены теоретико-вероятностные оценки. В результате для данного типа риска оценка его вероятности и последствий может осуществляться в пределах относительно малых доверительных интервалов.

Тип 2. Циклоп. Название данного типа риска говорит о том, что только одна из основных характеристик – ущерб, может быть оценен с большой степенью достоверности. Вероятность либо неопределенна, либо ее оценка имеет большой доверительный интервал. К числу таких рисков относятся катастрофические природные явления, СПИД, антропогенное воздействие некоторых биологических видов и др.

Тип 3. Пифия. Данный тип риска характеризуется тем, что как вероятность, так и последствия неопределенны, хотя потенциальный ущерб может быть велик. Примером таких рисков могут быть тепличный эффект или воздействие некоторых веществ на эндокринную систему человека.

Тип 4. Ящик Пандоры. Специфика данного типа риска определяется глобальным и разносторонним проявлением последствий, которые могут быть как

мгновенными, так и межгенерационными. К данному типу можно, например, отнести разрушение озонового слоя. Точность оценки вероятности и ущерба крайне низка.

Тип 5. Кассандра. Наряду с большой вероятностью реализации риска и высоким ущербом данный тип связан с обязательным наличием отдаленных эффектов (например, антропогенное изменение климата).

Тип 6. Медуза. Данный тип риска обладает целым рядом особенностей. Сочетание малой вероятности, относительно малого ущерба и широкие масштабы проявления, особенно в области социально-психологических интересов, требуют специального внимания. Воздействия электромагнитных полей могут выступать в качестве примера данного типа риска.

Приведенная типизация достаточно условна, но может быть полезна при начальной идентификации, а также при выборе механизмов управления рисками. В действительности достаточно трудно выделить описанные типы в «чистом» виде, поскольку практически всегда есть наложение типобразующих свойств.

1.1.4. Неопределенности при оценке риска.

Оценка риска – это процесс, используемый для прогноза ожидаемых неблагоприятных последствий для здоровья. Поэтому необходимо учитывать неопределенности, присутствующие на каждом этапе этого процесса. Оценка риска требует наличия информации о многих переменных, включая:

- источники загрязнения;
- перемещение и судьбу загрязнителей в разных объектах;
- пути поступления в организм (ингаляционный, пероральный, перкутанный);
- выявление групп популяций, подверженных воздействию;
- типы деятельности, условия и расположение, сопутствующие воздействию;
- поглощенную дозу и биологически эффективную дозу, достигшую органа-мишени;
- реакции организма в ответ на воздействие, базирующееся на токсикологических и эпидемиологических данных.

Каждая переменная вносит свои собственные неопределенности, которые могут включать, например, неопределенность, связанную с вариабельностью

ответных реакций среди индивидуумов, и неопределенности, относящиеся к сценариям, моделям и параметрам. Различные типы неопределенностей включают:

- неопределенность, связанную с оценкой общей ситуации, которая вытекает из недостатка знаний о проблеме в целом;
- неопределенность при выборе моделей, возникающую от недостатка знаний, требуемых для формирования соответствующей концептуальной или расчетной модели;
- неопределенность, связанную с используемыми показателями (параметрами), вследствие недостатка знаний об истинном характере распределений этих показателей.

Различная индивидуальная чувствительность – также источник неопределенности и требует отдельного рассмотрения. Существует многочисленная литература по неопределенностям, присущим процессу оценки риска.

На заключительном этапе оценки риска важно получить информацию о популяционном риске, представляющем собой произведение индивидуального риска (отдельно по каждому веществу и их комбинациям) на численность экспонированной популяции. При этом обязательно должны оцениваться все неопределенности, допущенные на предыдущих этапах. Основные источники неопределенности:

- неопределенность, вызванная проблемами статистической выборки;
- неопределенность в моделях воздействия или моделях «доза – эффект», особенно на уровне малых доз и малой интенсивности воздействия;
- неопределенность, связанная с формированием исходной выборки баз данных;
- неопределенность, вызванная неполнотой совпадения с реальностью использованных моделей.

В идеальном случае каждая неопределенность должна сопровождаться распределениями индивидуальной и обобщенной вероятностей, из которых выводятся средние или худшие индивидуальные оценки негативного эффекта. Оценка риска – одна из основ для принятия решений по профилактике неблагоприятного воздействия экологических факторов на здоровье населения, но не само решение. Другие необходимые для этого условия – анализ нерисковых факторов, сопоставление их с характеристиками риска и установление между

ними соответствующих пропорций – входят в процедуру управления – третий этап системы социально-гигиенического мониторинга. Решения, принимаемые на такой основе, не являются ни чисто хозяйственными, ориентирующимися только на экономическую выгоду, ни чисто медико-экологическими, преследующими цели устранения даже минимального риска для здоровья человека или достижения стабильности экосистемы без учета затрат на обеспечение такой ситуации. Именно сопоставление медико-экологических, социальных и технико-экономических факторов дает основу для ответа на вопрос о степени приемлемости риска и необходимости принятия регулирующего решения, ограничивающего или запрещающего использование того или иного технического решения, функционального зонирования территории поселения при разработке его генплана.

1.2. Существующие методы оценки экологического риска.

1.2.1. Степень выраженности экологического риска.

В развитие этого подхода О.А. Савватеевой (2005) было предложено оценивать степень выраженности экологических рисков по пятибалльной шкале, разработанной на основе существующих шкал состояния отдельных природных сред и окружающей природной среды в целом («Критерии оценки...», 1992; Виноградов, 1998; Макаров, 2002). Указанные шкалы, отражая градации состояния природных компонентов, характеризуют их устойчивость к внешнему воздействию. При этом под устойчивостью отдельных природных компонентов и окружающей природной среды подразумеваются их способность сохранять функционирование в пределах естественного колебания их параметров (Снакин, 2000).

О.А. Савватеева ввела в природоохранную практику следующие категории выраженности экологического риска: очень слабую (нижняя граница риска) и слабую степень выраженности экологического риска, которые соответствуют такому состоянию окружающей среды, когда риск практически отсутствует, а также чрезвычайную и катастрофическую степень выраженности экологического риска (верхняя граница риска), которые сопоставимы с чрезвычайной ситуацией и экологическим бедствием (рисунок 1.2., таблица 1.2.).

Указанные градации означают принципиально различные по глубине и необратимости нарушения экосистем:

1. Очень слабая степень выраженности экологического риска – окружающая природная среда полностью обеспечивает функционирование и саморегулирование экологических систем;
2. Слабая степень выраженности экологического риска – окружающая природная среда устойчива к разрушающим воздействиям и обладает способностью к самовосстановлению за счет естественных процессов саморегуляции;
3. Средняя степень выраженности экологического риска – окружающая природная среда неустойчива к разрушающим воздействиям, но иногда способна к самовосстановлению при условии снятия разрушающей нагрузки;
4. Чрезвычайная степень выраженности экологического риска – потеря способности к самовосстановлению, восстановление окружающей природной среды возможно только при применении специальных (в том числе, рекультивационных) мероприятий;
5. Катастрофическая степень выраженности экологического риска – необратимая потеря возможности восстановления окружающей природной среды даже при проведении восстановительных мероприятий.

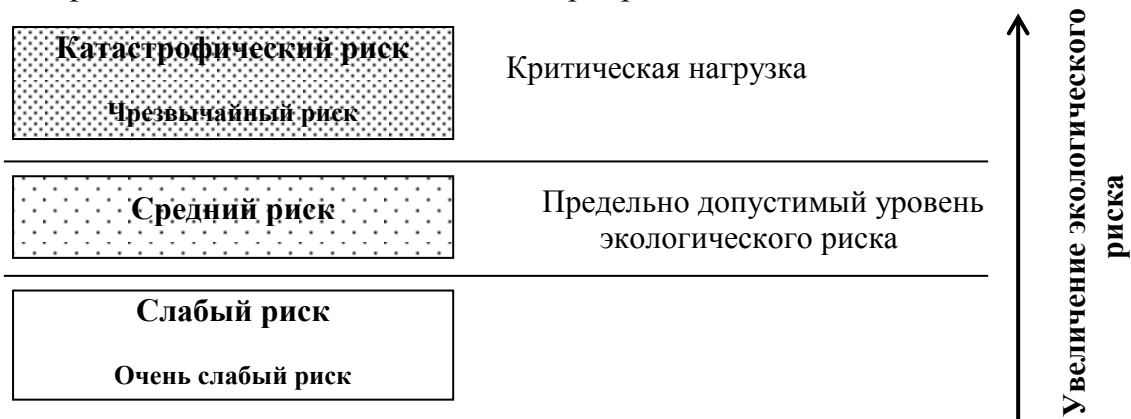


Рисунок 1.2. Градации экологического риска

При установлении градаций степени выраженности экологического риска по отдельным показателям различных природных сред, состояния здоровья человека необходимо учитывать, как правило, нелинейный характер ее (степени выраженности) изменения. Ранжирование указанных показателей необходимо проводить в соответствии с существующими нормативами или (в случае их отсутствия или недостаточности) – по пятибалльной шкале (таблица 1.2).

Таблица 1.2. Балльная оценка состояния (качества) окружающей природной среды и соответствующая ей оценка выраженности экологического риска.

Уровни потери экологи- ческого кач-ва ОПС	Качественные признаки состояния природной среды	СВЭР
1.	Отсутствие признаков: • Угнетения естественных и антропогенных биоценозов; • Нарушений состояния здоровья из-за влияния окружающей природной среды; • Нарушений природных сфер и их функционального равновесия.	Очень слабая
2.	• Заметное угнетение естественных биоценозов. Использование земель для пищевой продукции без ограничения; • Природная среда в целом удовлетворительная для существования человека; • Признаки нарушения отдельных природных сфер обратимого характера.	Слабая
3.	• Природные биоценозы сильно угнетены, производство пищевой продукции неэффективно из-за низкого качества и пониженного плодородия почв; • Здоровье населения заметно ухудшено из-за неблагоприятных условий окружающей природной среды; окружающая природная среда не справляется с антропогенными нагрузками.	Средняя
4.	• Невозможность длительного существования искусственных насаждений, противопоказанность использования земель для производства продовольственных продуктов; • Существенная деградация населения по состоянию здоровья; • Необратимые нарушения природных сфер, исключающие самовосстановление природной среды в целом	Чрезвычайная
5.	• Биопродуктивность земель нулевая; • Прямой контакт человека с природной средой опасен для здоровья и существования человека; • Природные сферы необратимо нарушены и не могут выполнять свои функции в окружающей среде.	Катастрофическая

Оценка экологического риска, по мнению О.А. Савватеевой, должна быть интегральной. Она базируется на системном подходе к решению проблемы и выражена интегральным показателем. Для каждого из ранжированных показателей степени выраженности экологического риска отдельного природного компонента (почвенного покрова, атмосферного воздуха, природных вод, растительного и животного мира, геологической среды), состояния здоровья людей проводится построение картосхем их пространственного распределения с приложением соответствующих пояснительных записок.

Посредством пространственного совмещения картосхем степени выраженности экологического риска отдельных компонентов окружающей природной среды осуществляется построение картосхемы степени выраженности экологического риска окружающей природной среды в целом.

Для каждого контура, полученного в результате пространственного совмещения картосхемы, проводится расчет показателя степени выраженности экологического риска отдельного компонента окружающей природной среды и/или окружающей природной среды в целом по формуле 1.1:

$$СВЭР = П_{д} + \frac{\sum_{i=1}^n П_{дп_i}}{\sum_{i=1}^n (П_{дп_i}) + n} \quad (1.1.)$$

СВЭР – величина степени выраженности экологического риска отдельных компонентов окружающей природной среды или окружающей природной среды в целом;

П_д - балльное значение доминирующего показателя компонента окружающей природной среды или окружающей природной среды в целом - (доминирующий показатель - ранжированный показатель, определяющий максимальную степень выраженности экологического риска для данного контура);

П_{дп} – балльное значение дополнительного показателя компонента окружающей природной среды или окружающей природной среды в целом (дополнительный показатель – ранжированный показатель, меньший, чем доминирующий или равного ему по классу опасности и по СВЭР),

n – число дополнительных параметров.

Балльное значение доминирующего и дополнительных показателей является серединой оценочного балла, соответствующего установленной в ходе оценки степени выраженности экологического риска окружающей природной среды:

очень слабая – 0,5;

слабая – 1,5;

средняя – 2,5;

чрезвычайная – 3,5;

катастрофическая – 4,5.

После расчета СВЭР проводится построение картосхем степени выраженности экологического риска отдельных компонентов окружающей природной среды или окружающей природной среды в целом.

Суммарная картосхема степени выраженности экологического риска для той или иной территории является основой для управления этим риском. Как известно, управление риска направлено на его максимальное снижение с учетом социально-экономических и природоохранных аспектов.

Без сомнения, подходы к оценке экологических рисков О.А. Савватеевой представляют научно-практический интерес, так как базируются на методологии оценки качества ОПС, уже принятой в природоохранной практике.

1.2.2. Общее представление о вероятности

На зарождение и первоначальное развитие теории вероятностей существенное влияние оказали задачи, возникшие в практике страховых обществ, при обработке результатов астрономических наблюдений и в различных азартных играх. Классическое определение вероятности было подготовлено исследованиями Граунта и Петти, результаты которых убедительно показали преимущества понятия частоты перед понятием численности. Понятие частоты, т. е. отношения числа опытов, в которых появилось данное событие, к числу всех проведенных опытов, позволяет получить практические выводы, тогда как рассмотрение численностей оставляет исследователя в состоянии неопределенности.

Классическое определение вероятности впервые появляется у Я. Бернулли, в его сочинении «Искусство предположений» (1713). Он писал: «Вероятность же есть степень достоверности и отличается от нее, как часть от целого».

Вероятностью события называется отношение числа элементарных исходов, благоприятствующих данному событию, к числу всех равновозможных исходов опыта, в котором может появиться это событие. Вероятность события A обозначим через $P(A)$:

$$P(A) = \frac{m}{n}, \quad (1.2)$$

где m – число элементарных исходов, благоприятствующих событию A ;

n – число всех равновозможных элементарных исходов опыта, образующих полную группу событий.

На практике трудно указать основания, позволяющие считать, что все элементарные исходы равновозможны. В этой связи вводится определение статистической вероятности. Относительной частотой события, или частотой, называется отношение числа опытов, в которых появилось это событие, к числу

всех произведенных опытов. Таким образом, вероятностью события называется число, около которого группируются значения частоты данного события в различных сериях большого числа испытаний.

Вероятность события имеет следующие свойства:

- Вероятность достоверного события равна единице.
- Вероятность невозможного события равна нулю.
- Вероятность случайного события выражается положительным числом меньшим единицы $0 < P(A) < 1$.
- Вероятность суммы двух несовместных событий равна сумме вероятностей этих событий.

Определение значений вероятности производится на основе одного из законов распределения. Для вычисления используются различные формулы (1.3 – 1.7). Выражают вероятность как в долях единицы, так и в процентах. Ниже приводятся несколько формул для расчёта, где m – порядковый номер величины в ряду, n – длина ряда:

$$\text{– Формула Алексеева } P = (m - 0,25) / (n + 0,5) * 100\% , \quad (1.3)$$

$$\text{– Формула Чегодаева } P = (m - 0,3) / (n + 0,4) * 100\% , \quad (1.4)$$

$$\text{– Формула Крицкого- Менкеля } P = m / (n + 1) * 100\% , \quad (1.5)$$

$$\text{– Формула Гумбеля } P = (m - 0,5) / n * 100\% , \quad (1.6)$$

$$\text{– Формула Гаусса } P = m / n * 100\% . \quad (1.7)$$

При проектировании ответственных сооружений наиболее широко используется формула Крицкого-Менкеля, потому что она создаёт некоторый запас надёжности в оценке значений переменной малой расчётной обеспеченности (1%). Формула Гумбеля, напротив, существенно занижает характеристики малых расчётных обеспеченностей и завышает значения больших, близких к 100%, поэтому её рекомендуют применять для расчёта эмпирической кривой обеспеченности минимальных расходов (или уровней летней, зимней межени). Кривая Гумбеля широко применяется в гидрологических расчётах в США, Англии и ряде других стран.

1.2.3. Определение риска через оценку вероятности наступления неблагоприятного экологического события и ущерба, который будет нанесен

Для оценки риска, степени опасности важны не только частота (или вероятность) ее появления, но и тяжесть последствий для индивидуума, общества или окружающей среды.

Чтобы сделать эту оценку количественной, в настоящее время вводят понятие риска **R**, определяемого как произведение вероятности **P** неблагоприятного события (аварии, катастрофы и т.д.) и ожидаемого ущерба **Y** в результате этого события:

$$R = P \times Y \quad (1.8)$$

или

$$R = \sum_i P_i \times Y_i \quad (1.9)$$

если могут иметь место несколько (**i**) неблагоприятных событий с различными вероятностями **P_i** и соответствующими им ущербами **Y_i**.

Следуя логике определения риска по формуле (1.8), можно записать выражение для риска в виде интеграла:

$$R = \int F(Y) p(Y) dY \quad (1.10)$$

где **F(Y)** – весовая функция потерь, с помощью которой последствия различной природы приводятся к единой (например, стоимостной) оценке ущерба;

F(Y) – плотность распределения случайной величины **Y** (в общем случае векторной).

В такой формулировке риск – мера опасности, фактически он определяется как математическое ожидание ущерба или потерь. Так, в методиках оценки комплексного риска для населения от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера риск как математическое ожидание потерь людей **M[N]** в пределах некоторой территории (например, города) определяется по формуле:

$$R = M[N] = P \iint_{S_t} \int_{\Phi_{\min}}^{\Phi_{\max}} P(\Phi) \psi(x, y) f(x, y, \Phi) d\Phi dx dy \quad (1.11)$$

где **P** – вероятность аварии или чрезвычайной ситуации (ЧС), в результате которой возникает поражающий фактор, характеризуемый параметром **Φ** (например,

интенсивность землетрясения, избыточное давление на фронте ударной волны, токсодоза и т.д.); S_t – область интегрирования (например, территория города);

$\Phi_{\min}$, $\Phi_{\max}$ – соответственно минимально и максимально возможное значение параметра поражающего фактора; $P(\Phi)$ – вероятность поражения людей в зависимости от Φ как параметра (часто задается в виде функции нормального распределения от пробит-функции параметра Φ);

$\psi(x, y)$ – плотность населения в пределах рассматриваемой площадки;

$f(x, y)$ – плотность распределения интенсивности параметра Φ в пределах площадки с координатами (x, y) .

В общем случае при учете фактора времени риск в соответствии с формулой 1.6 является функционалом, зависящим от реализации случайного процесса, описывающего течение или сценарий неблагоприятного события.

Таким образом, один и тот же риск может быть вызван или высокой вероятностью отказа с незначительными последствиями (отказ какой-либо системы автомобиля), или ограниченной вероятностью отказа с высоким уровнем ущерба (отказ системы на АЭС).

При анализе опасностей для населения и окружающей среды используют риск, отнесенный к единице времени, при этом за единицу времени чаще всего принимают 1 год.

Сделанные выше математические определения риска, хотя в основном согласуются с интуитивным понятием риска, теряют элемент случайности (математическое ожидание случайной величины — величина не случайная, а детерминированная) и обладают всеми недостатками, характерными для точечных оценок случайных величин. Поэтому учет факторов неопределенности при таком рассмотрении риска имеет принципиальное значение.

Несмотря на отмеченную ограниченность процедуры определения риска по соотношениям (1.8) и (1.9), такая мультипликативная и аддитивная комбинация двух величин, характеризующих риск, в одну весьма продуктивна, так как позволяет упростить процедуру оценки риска, разделив ее на два этапа, имеющих во многих случаях самостоятельное значение:

- определение вероятностей (или интенсивностей) неблагоприятных исходов P_i ;
- определение ущербов U_i при соответствующих неблагоприятных исходах.

Аварии, природные и техногенные катастрофы, как правило, вызывают последствия различного характера. По этой причине требуется привлечение единой меры ущерба последствий (например, стоимостной) или подходящих весовых функций, которые сводят различные последствия к единому базису. При более сложных структурах событий и ущербов приведенные выше формулы для вычисления риска могут усложняться. Так, авторы Проценко А.Н., Махутов Н.А., Артемьев А.Е. предлагают рассчитывать годовой риск $R(t)$ как сумму (соответственно иногда его называют суммарным риском) всех последствий неблагоприятного события:

$$R(t) = Y_M(t) + Y_U(t) \quad (1.12)$$

где $Y_M(t)$ – суммарный ежегодный имущественный ущерб (руб./год) вследствие воздействия поражающих факторов, возникающих в результате штатного функционирования опасных объектов и при авариях, а также в чрезвычайных ситуациях и при катастрофах;

$Y_U(t)$ – суммарный ежегодный ущерб (руб./год), обусловленный потерей здоровья (включая и смертельные случаи) вследствие воздействия поражающих факторов, возникающих в результате штатного функционирования и при авариях, а также в чрезвычайных ситуациях и при катастрофах;

t – время, лет. В свою очередь:

$$Y_M(t) = \sum_{i=1, j=1}^{n,m} M_{ij}(t) Y_{ij}(t) \quad (1.13)$$

$$Y_U(t) = \sum_{i=1, j=1}^{n,m} R_{ij}(t) X_{ij}(t) \quad (1.14)$$

где $M_{ij}(t)$ – вероятность (частота) возникновения j -го имущественного ущерба от i -го поражающего фактора, 1/год;

Y_{ij} – величина j -го имущественного ущерба от i -го поражающего фактора, руб.;

$R_{ij}(t)$ – вероятность (частота) возникновения j -го типа поражения человека от i -го поражающего фактора, 1/год;

$X_{ij}(t)$ – величина потерь, обусловленных j -м типом поражения человека от i -го поражающего фактора, руб.

При этом предполагается, что $M_{ij}(t)$ и $Y_{ij}(t)$ включают как вероятность возникновения самого поражающего фактора, так и вероятность наступления соответствующего ущерба.

Следует отметить, что применение вероятностных и статистических подходов к проблеме технического риска встречает серьезные технические и социально-психологические препятствия. Трудности и сложности заключаются в получении достоверных статистических данных, необходимых для расчетных моделей. Все это становится проблемой, когда проводится анализ безопасности высоконадежных систем и оценки риска требуют применения методов экстраполяции результатов в область маловероятных значений.

К этому добавляется определенное предубеждение некоторых представителей руководящих и контролирующих органов и даже инженерно-технических работников против оценок безопасности с позиций допустимого или приемлемого риска. Это предубеждение основано на следующих как объективных, так и субъективных факторах:

- неприятие специалистами и ответственными лицами, принимающими решения, факторов неопределенности и отсутствие желания рисковать в условиях плановой экономики;
- недостаточно глубокие знания инженерами теории вероятностей и математической статистики.

В общем случае индивидуальный риск на рассматриваемой территории от некоторой опасности или угрозы характеризуется вероятностью смерти произвольного лица из населения за интервал времени, равный 1 году. Риск определяется статистическим либо вероятностным (с помощью математических моделей) методом. Так, если имеется достаточная статистика, то точечная статистическая оценка индивидуального риска (1/год) может быть получена по формуле

$$RI \cong n/N \quad (1.15)$$

где n – число смертей в год по рассматриваемой причине;

N – численность населения на рассматриваемой территории в оцениваемом году.

Этот вид риска рассматривается в качестве первичного и основного понятия, во-первых, в связи с приоритетом человеческой жизни как высшей ценности и, во-

вторых, в связи с тем, что именно индивидуальный риск может быть оценен по большим выборкам с достаточной степенью достоверности, что позволяет определять другие важные категории риска (например, потенциальный территориальный) при анализе техногенных опасностей и осуществлять установление приемлемого и неприемлемого уровней риска.

Обычно индивидуальный риск измеряется вероятностью гибели в исчислении на одного человека в год. В случае, если оценивается риск для какой-либо группы людей определенной профессии или специального рода деятельности, связанных с повышенной опасностью, целесообразно их риск относить к одному часу работы или одному технологическому циклу.

Аналогично могут быть определены индивидуальные риски увечий, заболеваний, потери трудоспособности и т.п. Если говорится, что индивидуальный риск для пассажиров гражданской авиации составляет 10^{-4} 1/год, то в статистическом плане это означает, что следует ожидать один смертельный исход в результате несчастного случая, связанного с отказом на самолете, на 10 тыс. пассажиров в год.

Количественной интегральной мерой опасности является **коллективный риск**, определяющий масштаб ожидаемых последствий для людей от потенциальных аварий или других негативных воздействии:

$$RN = RI \cdot N, \quad (1.16)$$

где N – общее число людей, подвергающихся потенциальному негативному воздействию.

Фактически коллективный риск определяет ожидаемое число I мергельных исходов в результате аварий на рассматриваемой территории за определенный период времени. Наиболее удобно пользоваться этим понятием для сравнения различных территорий хозяйственной деятельности, однако для разработки мер безопасности применение коллективного риска неэффективно, так как основной ущерб от несчастных случаев как результатов неблагоприятных событий зачастую не рассматривается.

Индивидуальный и коллективный риски могут быть переведены в сферу экономических и финансовых категорий, если установить стоимость человеческой жизни и использовать математическое определение риска. Такой подход широко

обсуждается, вызывая возражения определенного круга ученых, которые считают человеческую жизнь бесценной и все финансовые дискуссии на этой почве недопустимыми. Однако на практике неизбежно возникает необходимость стоимостной оценки человеческой жизни именно с целью обеспечения безопасности людей. В большинстве промышленно развитых стран этот вопрос решается путем страхования индивидуальных рисков, в том числе смертельных.

Исходя из того, что при использовании понятий «индивидуальный риск» и «коллективный риск» возникают значительные неопределенности, в настоящее время на практике стали применять другие категории риска (территориальный и социальный) как меры опасности, характеризующие риск не единственным числовым значением, а наборами чисел или функциональными зависимостями.

Комплексной мерой риска, характеризующей опасный объект (территорию), является **потенциальный территориальный риск** – пространственное распределение вероятности (или частоты) реализации негативного воздействия определенного уровня. Например, при моделировании опасных техногенных процессов по схеме «авария – механизм воздействия – реализация воздействия» для оценки риска, связанного с выбросами вредных веществ, потенциальный территориальный риск в точке (x, y) оценивается по формуле

$$RI(x, y) = \sum_{ij} P(A)_i \cdot P_{ij}(x, y) \cdot P(L)_j, \quad (1.17)$$

где $P(A)_i$ – вероятность аварии по сценарию i ;

$P_{ij}(x, y)$ – вероятность реализации механизма воздействия j в точке (x, y) для сценария выброса i ;

$P(L)_j$ – вероятность летального исхода (или заболевания) при реализации механизма воздействия j .

Потенциальный территориальный риск, в соответствии с названием, представляет собой потенциал максимально возможного риска для конкретных объектов воздействия, находящихся в данной точке пространства. Данная мера риска не зависит от факта нахождения объекта воздействия (например, человека) в данном месте пространства. Предполагается, что вероятность нахождения объекта воздействия равна 1. Потенциальный риск не зависит от того, находится ли опасный объект в многолюдном или пустынном месте, и может меняться в

широком интервале. На практике важно знать распределение потенциального риска для отдельных источников опасности и для отдельных сценариев аварий. При этом часто полагают вероятность инициирующего события также равной 1, т.е. $P(A)_i = 1$. Таким образом, потенциальный территориальный риск принимает характер территориального условного индивидуального риска и равен вероятности (или частоте) негативного исхода в результате реализации механизма воздействия в точке с координатами рассматриваемой территории.

Приемлемый (допустимый) риск – это такая минимальная величина риска, которая достижима по техническим, экономическим и технологическим возможностям. Таким образом, приемлемый риск представляет собой некоторый компромисс между уровнем безопасности и возможностями его достижения. Величина этого риска зависит от вида отрасли производства, профессии, вида негативного фактора, которым он определяется. В настоящее время принято считать, что для действия техногенных опасностей в целом индивидуальный риск считается приемлемым, если его величина не превышает 10^{-6} .

То, что мы размещаем в окружающей среде (в атмосфере, воде, на поверхности почвы, в глубинах океана) вредные вещества, разнообразные отходы, является не чем иным, как сознательным допущением вероятности причинения вреда окружающей среде ради достижения определенного (скорее всего, экономического) эффекта. То есть если размещение происходит в соответствии с установленными нормами и правилами, общество в лице государственных природоохранных органов считает риск такого размещения и воздействия приемлемым.

Социальный риск характеризует масштаб возможных аварий и определяется функцией, у которой есть установившееся название – **F-N-кривая** (в зарубежных работах именуется как кривая Фармера) – зависимость частоты возникновения событий **F**, в которых пострадало на определенном уровне не менее **N** человек, от этого числа **N**. Характеризует тяжесть последствий (катастрофичность) реализации опасностей.

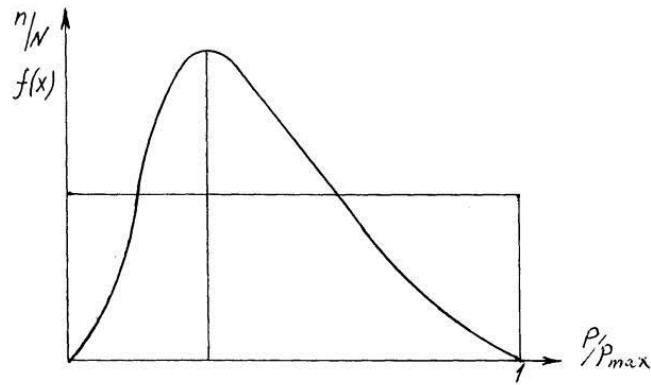


Рисунок 1.3. F-N-кривая

В зависимости от задач анализа под N можно понимать общее число пострадавших, число смертельно травмированных или другой показатель тяжести последствий. Знание распределения потенциального риска и распределения населения в исследуемом районе позволяет получить количественную оценку социального риска для населения. Для этого нужно определить число пораженных при каждом сценарии от каждого источника опасности, затем определить зависимость частоты событий (F), в которых пострададо на том или ином уровне число людей больше определенного (N), от этого определенного числа людей. Соответственно критерий приемлемой степени риска будет определяться для отдельного события кривой, построенной для различных сценариев аварии с учетом их вероятности.

В настоящее время общераспространенным подходом для определения приемлемости риска является использование двух кривых, когда, например, в логарифмических координатах определены F-N-кривые приемлемого и неприемлемого риска смертельного травмирования. Область между этими кривыми определяет промежуточную степень риска, вопрос о снижении которой следует решать, исходя из специфики производства и региональных условий.

1.2.4. Оценка экологического риска в соответствии с методиками, разработанными американским агентством по охране окружающей среды

Методология оценки риска воздействия химических веществ на состояние здоровья населения начала использоваться в США с 80-х годов. Начиная с этого времени, было разработано значительное количество методов для установления различных видов риска и различных причин, обусловивших необходимость проведения такой оценки. На сегодняшний день эта методология широко

применяется в большинстве развитых стран мира и рекомендована Всемирной Организацией Здравоохранения в качестве ведущего инструмента при определении количественного ущерба для здоровья от воздействия неблагоприятных факторов окружающей среды.

Риск при нормальном функционировании промышленных объектов может быть обусловлен за счет выбросов или утечки вредных или опасных веществ, сбросов неочищенных стоков, захоронения опасных и высокотоксичных отходов и др. в количествах, превышающих санитарно-гигиенические нормативы и оказывающих постоянное воздействие на здоровье населения и окружающую среду.

Первый шаг в анализе постоянных выбросов заключается в установлении их источников, количественных характеристик, а также физических и химических свойств выбрасываемых в окружающую среду веществ.

Второй шаг заключается в идентификации реципиентов и описании процесса переноса загрязняющих веществ в выбросах от источника к реципиенту (главным образом путем использования математических моделей). Моделирование переноса выбросов от источника к реципиенту позволяет оценить количественную характеристику опасности.

Следующий шаг состоит в идентификации или установлении зависимостей «доза-эффект» между опасностью и эффектами так, чтобы эффекты или риск могли быть определены количественно.

Анализ риска является частью системного подхода к принятию политических решений, процедур и практических мер в решении задач предупреждения или уменьшения опасности для жизни человека, заболеваний или травм, ущерба имуществу и окружающей среде, называемого в нашей стране обеспечением промышленной безопасности, а за рубежом – управлением риском. При этом анализ риска или риск-анализ (Risk Analysis, Process Hazard Analysis) определяется как систематическое использование имеющейся информации для выявления опасностей и оценки риска для отдельных лиц или групп населения, имущества или окружающей среды. Анализ риска заключается в выявлении (идентификации) опасностей и оценке риска. Опасность – источник

потенциального ущерба либо вреда или ситуация с возможностью нанесения ущерба, а риск (Risk) или степень риска (level of risk) – это сочетание частоты или вероятности и последствий определенного опасного события. То есть понятие риска всегда включает два элемента: частоту, с которой происходит опасное событие, и последствия опасного события. Применение понятия риска, таким образом, позволяет переводить опасность в разряд измеряемых категорий.

Исходя из структуризации самого риска, выделяются основные элементы процедуры его оценки, которые подразделяются на четыре стадии (фазы):

1. Идентификация опасности;
2. Оценка воздействующих доз (экспозиции);
3. Оценка зависимости «доза – эффект» (ответ);
4. Характеристика риска.

Как правило, идентификация опасности предусматривает:

1. Сбор и анализ данных обо всех источниках загрязнения объекта исследования;
2. Выявление и определение вредных факторов;
3. Предварительную формулировку сценария и маршрутов воздействия потенциальных вредных факторов;
4. Выбор наиболее приоритетных для исследования вредных химических веществ.

На втором этапе оценки риска проводится оценка воздействия (экспозиции), которая представляет собой один из важнейших и, как правило, наиболее точных из всех четырех этапов исследования риска.

Экспозиция (воздействие) – контакт организма (рецептора) с химическим, физическим или биологическим агентом. Величина экспозиции определяется как измеренное или рассчитанное количество агента в конкретном объекте окружающей среды, находящееся в соприкосновении с так называемыми пограничными органами человека (дыхательные пути, пищеварительный тракт, кожа, слизистые) в течение какого-либо точно установленного времени. Экспозиция может быть выражена как общее количество вещества в окружающей среде (в единицах массы, например, мг/м³), или как величина воздействия – масса вещества, отнесенная к единице времени (например, мг/день),

или как величина воздействия, нормализованная с учетом массы тела (мг/кг-день).

Третьим этапом анализа риска является оценка зависимости «доза – эффект», отражающей количественную связь между уровнем воздействия и возникающими в результате этого вредными эффектами в состоянии здоровья (собственно ответ или реакция). Два основных типа вредных эффектов определяются при оценке риска: *канцерогенный* и *неканцерогенный*. Канцерогены – это такие соединения, которые индуцируют опухоли после длительного времени хронического воздействия, в целом при оценке риска в течение всей жизни. Канцерогены не имеют уровня, ниже которого они были бы безопасны для здоровья, т.е. не обладают порогом действия (беспороговые эффекты). Неканцерогены – это вещества, вызывающие остальные неблагоприятные изменения в состоянии здоровья, в частности повышение уровней заболеваемости и смертности, которые могут быть обусловлены как кратковременным (острым), так и длительным (хроническим) воздействием.

Пороговые эффекты воздействия загрязняющих веществ или другого техногенного фактора характеризуются тем, что некоторые количества загрязняющего вещества ниже определенного уровня концентраций – порога – не вызывают никаких отрицательных последствий для здоровья населения. Функции реакции организма на воздействие выше порогового уровня, как правило, имеют S-образную форму и характеризуются дозой LD_{50} или концентрацией LC_{50} .

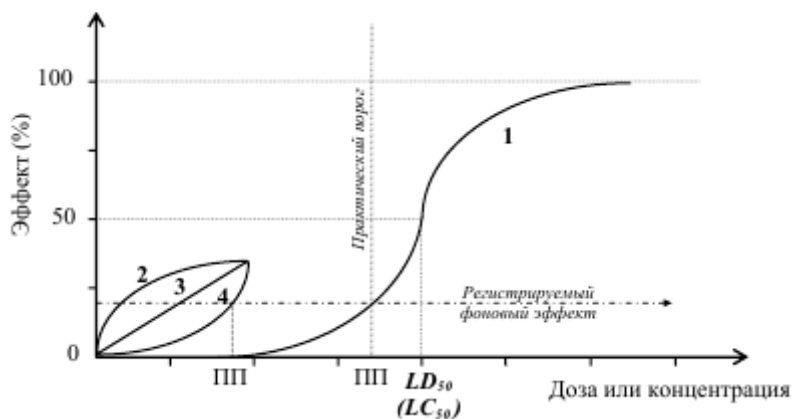


Рисунок 1.4. Возможные формы зависимостей «доза – эффект» (Марчук, 1982).

Кривая (1) на рис. 1.4 показывает, что если подобная S-образная зависимость эффекта от дозы имеет место, то никаких изменений в метаболизме человеческого организма не наблюдается, пока не будет достигнута критическая

концентрация или доза. Это критическое значение и называется порогом и обозначено на рис.14 (ПП). Практический порог (ПП) характеризует границу статистически регистрируемого эффекта, когда последний превышает колебание существующего фонового уровня эффектов.

На рис. 1.4 изображены четыре основные формы возможных кривых при действии специфических химических загрязняющих веществ и других техногенных факторов и реакции (отклика) организма. Кривые 2, 3 и 4 относятся к беспороговым зависимостям. Предполагается, что существуют эффекты (которые, правда, не всегда можно зарегистрировать) при любой конечной концентрации загрязняющего вещества или сколь угодно малом нехимическом воздействии. Подобные кривые отражают, главным образом, класс стохастических эффектов для здоровья.

В общем случае зависимость «доза-эффект» (с учетом биологической реакции организма на действие больших и средних доз) для эффектов индуцирования злокачественных новообразований может быть представлена следующим выражением:

$$f(D) = (a_0 + a_1 D + a_2 D^2) \cdot (-A_1 D - A_2 D^2) \quad (1.18)$$

где a_0 , a_1 , a_2 , A_1 , A_2 – параметры; D – доза для всего тела (или определенного органа); $f(D)$ – дополнительная частота возникновения раковых заболеваний (или их специфических форм, характерных для данного органа). При переходе к малым дозам, как правило, это выражение приводится либо к линейному виду:

$$f(D) = a_1 D \quad (1.19)$$

либо к линейно-квадратичному виду:

$$f(D) = a_1 D + a_2 D^2 \quad (1.20)$$

Характеристика риска представляет собой завершающую часть оценки риска и начальную фазу управления риском. На этом этапе интегрируются все данные, полученные в процессе идентификации опасности, оценки зависимости «доза-ответ» и оценки экспозиции; проводится совокупный анализ степени надежности полученных данных; описываются риски для отдельных факторов и их сочетаний, а также характеризуется вероятность и тяжесть возможных неблагоприятных эффектов на здоровье человека. Расчет рисков и их характеристика проводится отдельно для канцерогенных и неканцерогенных

эффектов. Для канцерогенов процесс характеристики риска заключается в определении числа ожидаемых дополнительных случаев рака, используя концентрации, полученные в точках – рецепторах, и факторы потенциала.

Во внимание принимаются следующие основные вида риска:

- *индивидуальный канцерогенный риск* в течение всей жизни, который определяется как дополнительный (над фоновым) риск для индивидуума заболеть раком в течение жизни при воздействии конкретного вещества в определенной концентрации или дозе;
- *годовой популяционный онкологический риск* определяется в виде числа дополнительных случаев рака, ожидаемых в течение каждого года, на определенное количество населения в изучаемом регионе в результате воздействия конкретной дозы канцерогена.
- *индивидуальный дополнительный канцерогенный риск* при воздействии атмосферных загрязнителей в течение всей жизни является функцией 3-х основных факторов (1) ингаляционной среднесуточной дозы, рассчитываемой из концентрации в атмосферном воздухе, установленной в точке-рецепторе путем использования моделей рассеивания атмосферных загрязнителей; (2) вероятности, что конкретное химическое соединение провоцирует образование опухоли; (3) продолжительности воздействия. Используя методы, разработанные Агентством по охране окружающей среды США, расчет индивидуального дополнительного канцерогенного риска в течение всей жизни проводится путем перемножения концентрации в точке-рецепторе на фактор потенциала и общую часть времени в течение жизни, когда наблюдалось воздействие.

1.3. Экологическое состояние городских почв.

В Законе города Москвы «О городских почвах» от 04.07.2007 №31 почва определяется как компонент природной среды, представляющий собой поверхностный слой Земли, состоящий из минеральных и органических веществ, воды, воздуха, почвенных организмов, продуктов их жизнедеятельности, являющийся средой обитания растений, животных и микроорганизмов, а также выполняющий экологические функции. А под городскими почвами понимаются

покрывающие территорию города Москвы естественные, измененные, а также искусственно созданные почвы мощностью в пределах одного метра.

Оценка экологического состояния такового базового компонента природной среды, как почвенный покров, является обязательной основой для оценки характера антропогенной нагрузки на территорию.

Экологическое нормирование и оценка состояния окружающей природной среды не могут не считаться достаточными без нормирования и последующей оценки экологического состояния почв. Экологическое состояние – комплекс почвенных свойств, определяющий степень их соответствия природно-климатическим условиям почвообразования и пригодности для устойчивого функционирования естественных и антропогенных экосистем.

В сущности, оценка экологического состояния почв является определением соответствия показателей указанного состояния устойчивому функционированию естественных и антропогенных экосистем или определением соответствия состояния почв экологической норме. Поэтому, экологическую норму состояния почв можно определить как допустимое значение показателей этого состояния, при котором реализуется устойчивое функционирование экологических систем.

Система оценки экологического состояния почв базируется на следующих методологических принципах:

- При установлении градаций показателей экологического состояния почв по степени проявления отдельных признаков необходимо учитывать, как правило, нелинейный характер его изменения. Ранжирование показателей необходимо проводить в соответствии с существующими нормативами или (в случае их отсутствия или недостаточности) – по пятибалльной критериальной таблице оценки состояния окружающей природной среды;
- Разработка нормативов экологического состояния почв – фонового и предельно допустимого содержания загрязняющих веществ, параметров физической и технологической деградации и др. – осуществляется для административных регионов с учётом биоклиматических, литолого-геоморфологических особенностей их территории, а также вида хозяйственного использования земель.

1.3.1. Городские почвы.

Одной из проблем современности является урбанизация территории стран, имеющих высокую долю городского населения. В процессе урбанизации формируется урбоэкосистема, понимаемая как природно-городская система, состоящая из фрагментов природных экосистем, окруженных домами, промзонами, автодорогами и т.д. Урбоэкосистема характеризуется искусственным созданием новых типов систем в результате деградации, уничтожения и (или) замещения природных систем.

По сравнению с ненарушенными экосистемами эти системы обладают меньшей рекреационной ценностью, нарушением биокруговорота, сокращением биоразнообразия как по составу, так и по структурно-функциональным характеристикам, увеличением количества патогенных микроорганизмов.

В почвоведении назрела необходимость понимания важности изучения того поверхностного плаща городской территории, который до сих пор называется почвогрунт, городская земля или просто земля.

В последние годы к рыхлым субстратам в городах определились два подхода:

1. Городская почва – это не почва с точки зрения классического докучаевского почвоведения, это грунт, предмет изучения инженер-геологов. В лучшем случае в городе почвы распространены только в лесопарках и городских лесах – и только там место приложения труда почвоведов.
2. Городская почва – это почва, но которую не всегда можно определить с традиционно почвенно-генетических позиций, так как ведущим фактором почвообразования в населённых пунктах, и прежде всего в городах, является антропогенный фактор.

Общие черты городских почв:

1. материнская порода – насыпные, намывные или перемешанные грунты или культурный слой;
2. включения строительного и бытового мусора в верхних горизонтах;
3. нейтральная или щелочная реакция (даже в лесной зоне);
4. высокая загрязненность тяжелыми металлами и нефтепродуктами;

5. особые физико-механические свойства почв (пониженная влагоемкость, повышенная объемная масса, уплотненность, каменистость);
6. рост профиля вверх за счет постоянного привнесения различных материалов и интенсивного эолового напыления.

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

1.3.1.1. Условия и факторы формирования городских почв.

а) Климат. Более высокая температура воздуха в центре города, чем на его окраине, большая часть осадков минует почвенное тело, а интенсивное нагревание поверхностей асфальта и городских сооружений способствует перегреву почвы.

Повышенная конвекция в атмосфере города, а также техногенная запыленность приводят к увеличению числа гроз над городом, росту интенсивностей ливней и общего количества осадков.

В городах временами наблюдается отсутствие снежного покрова или резкое изменение сроков его образования. На участках, оголяемых от снега, возникают условия аридной холодной пустыни, которым в естественном состоянии соответствуют скелетные, примитивные, дефлируемые почвы и разреженная растительность в «накипной» и «подушечной» формах.

б) Рельеф.

В результате хозяйственной и строительной деятельности человека происходит:

- выравнивание поверхности;
- исчезновение долинно-балочной сети;
- создание нового рельефа;
- засыпка мелкой эрозионной сетки.

в) Почвообразующие породы.

Почвообразующие породы могут быть:

- естественные субстраты, залегающие in situ;
- культурный слой;
- насыпные грунты;
- намывные грунты.

г) Растительный покров.

Особенности городской флоры:

- богатство флористического состава, изначально обусловленное экотонным эффектом;
- флористическая неоднородность города, обусловленная его экологической, географической и возрастной неоднородностью. От окраин города к его центру закономерно уменьшается число видов флористического состава.

д) Землепользование.

Структура и характер землепользования являются формирующим фактором развития почв в городе. Одним из важнейших факторов почвообразования является тип функционального использования земель: жилая застройка, промышленная зона, лесопарк и т.д.

Также необходимо отметить специфичные факторы почвообразования городских почв:

- особый городской микроклимат, эквивалентный широтному сдвигу на 200-300 км;
- насыпные природные субстраты и культурный слой и наличие в них строительно-бытовых включений;
- изменения растительности, связанные с особенностями городского микроклимата;
- аэрозольное и внутрипочвенное загрязнение.

1.3.1.2. Классификация городских почв.

Таблица 1.3. Систематика поверхностных тел городских территорий

Открытые незапечатанные территории						
Почвы				Почвоподобные тела	Грунты	
Природные с признаками урбогенеза	Антропогенно-преобразованные			Искусственно созданные сконструированные		
	Поверхностно-преобразованные	Глубоко-преобразованные				
		Урбо-почвы	Урбаноземы		Технозем	Грунт природный (насыпной, намывной, перемешанный и т.д.)
физически	химически					
Подзолистая, аллювиальная, примитивная дерновая на песках и пр.	Урбоподзолистая урбоаллювиальная и пр.	Урбанозем, культурозем, некрозем	Инtruзем, индустризем	Реплантозем, конструктозем		
Закрытые запечатанные территории						
Почвы и почвоподобные тела		Грунты искусственные и естественные		Застроенные		
Под асфальто-бетонным и другим дорожным покрытием				Под фундаментами зданий и строений		
Экранозем		Запечатанный грунт				
По: природной почве урбо-почве урбанозему технозему		Запечатанные абралиты, петролиты, стратолиты, руделиты и т.д.				

Данная классификация основана на представлениях о том, что территория города состоит из открытых озелененных территорий и закрытых застроенных и заасфальтированных участков.

Антропогенно-поверхностно-преобразованные почвы сочетают горизонт урбик мощностью менее 50 см и ненарушенную срединную и нижнюю часть профиля.

Урбаноземы образуют группу собственно городских почв, в которых урбиковый горизонт имеет мощность более 50 см.

Почвенный профиль собственно урбанозема состоит из одного или более подгоризонтов урбик U1, U2 и т.д., образованных из своеобразного пылевато-гумусного субстрата разной мощности и качества с примесью городского мусора.

Культуроземы – городские почвы фруктовых и ботанических садов, старых огородов. Для этих почв характерна высокая мощность гумусового горизонта, наличие перегнойно-торфо-компостных слоев мощностью более 50 см, развивающихся на нижней иллювиальной части почвенного профиля, на культурном слое или на грунтах разного происхождения.

Интруземы – почвы формируются в местах, где в результате аварий или безхозяйственной деятельности человека через мостовые бензозаправочных станций и автомобильных стоянок в почвы постоянно проникают нефтепродукты.

На территории города формируются почвоподобные техногенные поверхностные образования – техноземы. Техноземы различаются по качественному составу, мощности и свойствам насыпного органогенного слоя, составу и свойствам насыпных однослойных или многослойных грунтов. Обычно выделяют реплантоземы – почвы, которые состоят из маломощного гумусового слоя, слоя торфо-компостной смеси или органо-минерального вещества, нанесенных на поверхность рекультивируемой породы; и конструктороземы – искусственно целенаправленно создаваемые почво-грунты путем конструирования серии слоев грунта разного гранулометрического состава и плодородного насыпного гумусированного слоя.

Экологические функции городских почв.

Главными функциями городской почвы являются:

– продуктивность, т.е. пригодность к произрастанию зеленых насаждений;

- способность сорбировать в толще загрязняющие вещества;
- способность удерживать их от проникновения в почвенно-грунтовые воды;
- способность препятствовать поступлению илесто-пылеватых частиц в городской воздух.

ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1. Специфика Московского региона как объекта исследования почвовед-эколога, состояние законодательной базы в области охраны почвенно-земельных ресурсов мегаполиса.

Исследование почв изучаемых объектов проводилось на юге Московской области в городе Подольске и в Западной части города Москвы.

Московский регион – одна из самых напряженных в экологическом отношении территорий. Здесь на площади менее 0,3% общей территории России сосредоточено более 10% населения страны и значительная доля ее научно-технического и производственного потенциала. Это экономический и культурный центр России.

Столица России по численности населения превосходит такие страны (бывшие советские республики) как Армения, Азербайджан, Беларусь, Грузия, Киргизия, Латвия, Литва, Молдавия, Таджикистан, Туркменистан, Эстония. Плотность населения в Москве составляет 9722 чел./км², что существенно выше, чем в Риме и Вашингтоне.

Московский регион характеризуется крупнейшим и мощнейшим производственным потенциалом с интенсивным потреблением материальных, энергетических и водных ресурсов. Здесь сосредоточено более 7000 производственных предприятий. Развита высококонцентрированная транспортная сеть – 2,8 тыс. км электрифицированных железных дорог по 11 направлениям и около 150 тыс. км автомобильных с твердым покрытием, с крупноразмерными, пассажирскими, хозяйственными и коммунальными потоками сырья и продукции.

В последние годы идёт процесс переноса производств за пределы Москвы, огромный уровень антропогенной нагрузки характерен практически для всей территории региона. При этом значительная часть почв и земельных ресурсов города находится в неудовлетворительном состоянии (химическое загрязнение в результате поступления токсичных веществ от различных стационарных и передвижных источников, захламление, вытаптывание, запечатывание поверхности при различных видах хозяйственного использования и др.). Особенно

значительные нарушения почвенного покрова происходит в ходе строительства и реконструкции зданий, дорог, подземных сооружений и коммуникаций.

Правительством города Москвы предпринимаются определенные шаги по оздоровлению городских почв и земель (Макаров, Редько, Гучок, 2011):

1. В 2003 г. Департаментом природопользования и охраны окружающей среды г. Москвы была разработана и зарегистрирована Система добровольной сертификации «Московский экологический регистр». Объектами этой Системы являются почвогрунты и их компоненты, используемые при благоустройстве и озеленении столицы – растительные грунты, различные виды торфа (верховой, переходный, низинный), рыхлые горные породы (супеси, пески, суглинки, глины), сапропель, компосты, получаемые при компостировании различных видов навоза, птичьего помета, древесных опилок, растительных остатков и др.

2. Было принято Постановление Правительства Москвы от 27 июля 2004 г. №514-ПП «О повышении качества почвогрунтов в городе Москве». В нем определены основные экологические и санитарно-гигиенические требования, предъявляемые к почвогрунтам и их компонентам, используемым на объектах озеленения и благоустройства столицы.

3. В развитие Системы добровольной сертификации «Московский экологический регистр» была создана Система добровольной сертификации «Экологические почвогрунты». Основанием для создания указанной Системы является Постановление Правительства Москвы от 09.08.2005 N 594-ПП «О внесении изменений и дополнений в Постановление Правительства Москвы от 27 июля 2004 г. № 514-ПП». Нужно отметить, что экологические и санитарно-гигиенические требования, предъявляемые в рамках этой Системы добровольной сертификации к почвогрунтам и их компонентам, используемым при озеленении и благоустройстве г. Москвы, не претерпели изменений по сравнению с требованиями Системы добровольной сертификации «Московский экологический регистр».

4. Разработан и принят Закон г. Москвы № 31 от 04.07.2007 «О городских почвах», в котором дано определение городских почв и сформулированы их основные экологические функции. В соответствии с этим Законом, городскими почвами являются «покрывающие территорию Москвы естественные, измененные,

а также искусственно созданные почвы мощностью до 1 м» (статья 2). А экологические функции городских почв заключаются в «способности почв обеспечивать произрастание травянистой и древесно-кустарниковой растительности, жизнедеятельность почвенных организмов, поглощать и предотвращать проникновение загрязняющих веществ в сопредельные среды и поддерживать биоразнообразие на территории города» (статья 7).

5. Принят Закон Московской области от 22.12.2006 № 240/2006-ОЗ «Об охране окружающей среды в Московской области», который регламентирует порядок государственного экологического надзора на территории Московской области, вводит контроль за охраной редких и находящихся под угрозой исчезновения растений, животных и иных организмов. Таким образом, способствует предотвращению незаконного добывания природных ресурсов и их продажу, уничтожению объектов животного и растительного мира.

2.2. Характеристика природных условий, почвенного покрова и экологической обстановки на территории Подольского района Московской области и Западного административного округа г. Москвы.

2.2.1. Физико-географические условия.

2.2.1.1. Геологическое строение.

Москва располагается в центре геологического бассейна — глубокого прогиба древних кристаллических пород, заполненного осадочными породами. Толща осадочных пород, имеющая главным образом морское происхождение, очень велика — кристаллические породы фундамента встречены при бурении на глубине 1652 м («Почва, город...», 1997).

Московская котловина заполнена известняками, доломитами, гипсами девонского периода, верхняя граница отложений которых находится на 200 м ниже уровня моря. На девонских породах залегают известняки и красные глины каменноугольного периода мощностью до 330 м. Поверхность каменноугольных известняков эродирована, пересечена рядом ложбин, заполненных позднейшими отложениями и перекрыта юрскими темными глинами и песками. На юрских глинах и песках залегают меловые отложения, но на большей части территории Москвы они были размыты предледниковыми потоками, затем унесены ледником и

последнеледниковыми потоками. Отлично сохранились только кварцевые пески мощностью до 52 м на Воробьевых горах.

Подмосковье как часть Восточно-Европейской равнины, по направленности современных геологических процессов относится к аккумулятивно-денудационному типу территорий.

В основании отложений горных пород, обнажающихся в Подмосковье, залегают известняки. Они выходят на поверхность у села Мячково на Москве-реке или вскрываются при разработке карьеров, как у города Подольска. Эти известняки, представлявшие собой первоначально скопление известкового ила и ракушек, отлагались в море. Они относятся к каменноугольному периоду. За каменноугольным следует пермский и триасовый периоды. Отложений, относящихся к триасу, под Москвой не обнаружено. В то время на месте Москвы была суша, размывавшаяся древними пермскими и триасовыми реками.

Над известняками залегают черные вязкие глины с окаменевшими стволами деревьев, с многочисленными, хорошо сохранившимися раковинами морских моллюсков – белемнитов и аммонитов. Эти глины также образовались в море, но уже в юрский период. Кровля известняков в Подмосковье после многочисленных древних размывов неровная, и юрские глины встречаются на разных высотных отметках. Такое строение имеют районы г. Подольска и г. Домодедова.

Отложения следующего за юрским мелового периода широко известны в окрестностях Москвы: это светлые, кварцевые пески, залегающие, например, в основании Воробьевых гор или Татаровских высот. Осадков третичного периода под Москвой нет

Отложения четвертичного периода, самые молодые, в Подмосковье встречаются повсеместно: это пески и галечники современных рек, пески и глины с валунами, оставленные древними ледниками.

2.2.1.2. Геоморфологическое строение.

Московский регион расположен на границе Смоленско-Московской возвышенности, Москворецко-Окской равнины и Мещерской низменности. Северная часть города Москвы находится на южном крае склона Клинско-

Дмитровской гряды Смоленско-Московской возвышенности и охватывает водоразделы рек Москвы, Клязьмы и Яузы.

Рельеф этой местности представляет всхолмленную равнину с относительными высотами 40-55 м, которая сложена преимущественно песками и моренными глинами. Рельеф северной части стал более пологим за счет засыпки грунтом оврагов и заболоченных понижений. Мощность толщи насыпных грунтов колеблется от 3 до 6 м.

Южная часть города охватывает междуречье Москвы и Пахры. Самой возвышенной ее территорией с превышением 130-135 м над урезом реки является Теплостанская возвышенность. Высота возвышенности достигает 200 м над уровнем моря и более 80 метров над урезом р. Москвы, круто обрываясь к реке, она образует Воробьевы горы. Рельеф возвышенности волнистый, расчленен эрозионными долинами, балками и оврагами. В ходе строительства в этих местах были произведены значительные срезки и подсыпки грунта. Более всего изменен рельеф в долинах малых рек: Раменки, Кровянки, Котловки, Чертановки и Городни. В долине р. Кровянки засыпано до 85% овражно-балочной сети, а мощность антропогенных отложений достигает 20 м. Мощность насыпных грунтов между Мичуринским проспектом и проспектом Вернадского достигает наибольших для города величин за счет засыпки глубоких оврагов.

Восточная часть столицы представляет собой плоскую, местами заболоченную равнину с высотными отметками, поднимающимися выше 20-40 м над урезом р. Москвы. Восточные и юго-восточные части центра города граничат с Мещерской низменностью, это самые низкие и плоские части рельефа. Здесь берут свое начало р. Пехорка и Яуза. В процессе освоения этой территории толщина насыпных грунтов имеет мощность 6 метров. Несмотря на проведенное в результате подсыпки поднятие дневной поверхности, территория характеризуется неглубоким залеганием грунтовых вод и высокой степенью подтопления.

Долина, р. Москвы занимает более 30% территории города. Река промыла широкую долину с тремя террасами – более молодой 1-ой надпойменной Серебрянноторской и двумя более древними Мневниковской и Ходынской. Особенно большое пространство занимает 3-я Ходынская надпойменная терраса. В пределах города долина асимметрична («Почва, город...», 1997).

Постепенно были засыпаны овраги и промоины, раскрывавшиеся к долине реки. Малые реки в их устьевой части заключены в коллекторы (Ольховка, Неглинка и др.). В долинах рек Ходынки, Пресни, Неглинной полностью уничтожена гидросеть и овражно-балочная сеть. Мощность насыпных грунтов в долинах до 20 м.

Современный рельеф Москвы в значительной степени образован отложениями ледниковой эпохи: двумя моренами (московской и днепровской), которые покрыли часть территории города и его окрестности, и эрозионной деятельностью рек.

В геоморфологическом отношении большая часть города представлена моренной и флювиогляциальной равнинами и поймой с надпойменными террасами и оползневыми склонами.

Город Подольск Московской области располагается на Москворецко-Окской моренно-эрозионной равнине. Коренные породы на Москворецко-Окской равнине представлены преимущественно каменноугольными известняками, которые местами перекрываются черными юрскими глинами и реже меловыми песками. Четвертичные отложения включают суглинки днепровской морены (а к северу от Пахры и московской), а также водно-ледниковые отложения и покровные суглинки. В оврагах, балках и долинах Москворецко-Окской равнины часто вскрываются коренные карбоновые и юрские толщи, так как мощность перекрывающих их четвертичных осадков в большинстве случаев не превышает 3-4 метров, и лишь в понижениях доледникового рельефа достигает до 20-30 метров.

В целом мезозойский рельеф в несколько сглаженном виде довольно хорошо сохранился в этой части Подмосковья. Для него характерны широкие, хорошо разработанные долины рек, развитая овражно-балочная сеть, а в местах, где карбонатные породы каменноугольного периода залегают близко к поверхности – карстовые формы рельефа (воронки, пещеры, провалы). Особенно много таких проявлений в долинах Пахры и ее притока Рожайки, близ Домодедова, а также на юге, в Приокско-Террасном заповеднике и низовьях реки Нары. Многочисленные овраги и балки и преобладание хорошо проницаемых карбонатных пород обеспечивают активный дренаж территории, благодаря чему здесь почти нет болот. На склонах долин в местах выхода юрских глин нередко встречаются оползни.

В результате хозяйственной и строительной деятельности происходит изменение рельефа территории Москвы. С одной стороны, наблюдается нивелирование форм исходного волнистого рельефа города: засыпание оврагов и пойм, срезание холмов и склонов, укладка мелких речек в подземные трубы. Особенно значительно изменение рельефа произошло при строительстве метрополитена в 1930-1960-е г., когда засыпались овраги и нивелировались понижения песчано-суглинистым моренным материалом, взятым с глубины 20-50 м. при прокладки шахт и туннелей.

Наиболее значительными элементами искусственного рельефа являются выемки и насыпи автомобильных и железных дорог. С другой стороны, в направлении от периферии к древнему городу рельеф становится более приподнят за счет накопления культурного слоя, мощностью 3-5 м, максимальная мощность на Васильевском спуске 20 м.

Очень большие современные антропогенные отложения отмечены на ул. Вавилова (20-25 м). В районе Дома Детского творчества на Воробьевых горах на месте засыпанного оврага (20 м). Кроме того, на 6-15 метров подняты набережные.

Тем не менее на почвообразование продолжает оказывать влияние и погребенный рельеф с многочисленными водоупорными горизонтами или песчаными линзами: наблюдается или неожиданное выклинивание грунтовых вод и подтопление зданий или образование карстово-суффозионных воронок и провалов («Почва, город...», 1997).

2.2.1.3. Климат.

Климат Московского региона – умеренно-континентальный. На климат региона оказывают влияние географическое положение (в зоне умеренного климата в центре Восточно-Европейской равнины, что позволяет свободно распространяться волнам тепла и холода); отсутствие крупных водоёмов, что способствует довольно большим колебаниям температуры; а также влияние Гольфстрима, вызванное атлантическими и средиземноморскими циклонами, обеспечивающими относительно высокую температуру в зимний период по сравнению с другими населёнными пунктами, расположенными восточнее на той же широте (Нижний Новгород, Уфа, Челябинск, Омск, Новосибирск, Кемерово, Красноярск, Братск, Нерюнгри) и высокий уровень атмосферных осадков.

По наблюдениям 1981-2010 гг. самым холодным месяцем года в Москве является февраль (его средняя температура составляет $-6,7^{\circ}\text{C}$), практически такой же холодный месяц январь (со средней температурой $-6,5^{\circ}\text{C}$). Самый тёплый месяц – июль (средняя температура $+19,2^{\circ}\text{C}$).

Как правило, температура в центральных районах столицы выше, чем на окраинах и за городом, что особенно ощутимо в ночное время в период морозов зимой и заморозков весной и осенью, когда разница температур может достигать до $5-7^{\circ}\text{C}$ (в пасмурную и дождливую погоду – не более $1-3^{\circ}\text{C}$). В городе отчетливо выражен характерный для мегаполисов «остров тепла», когда температура воздуха в городе заметно превышает температуру в его окрестностях. Это явление формируется за счет поступления тепла от автотранспорта, от стационарных источников (промышленных предприятий, источников теплоснабжения), от нагретых солнечными лучами зданий и асфальта, а так же от теплового воздействия сточных вод.

За год в Москве и прилегающей к ней территории выпадает 600-800 мм атмосферных осадков (рекордным стал 2013 г. – 891 мм), причём большая часть из них приходится на летние месяцы, а минимальное число – на март и апрель. Азональность климата города по сравнению с окружающей территорией выражается в том, что в нем выпадает на 5-10% больше осадков, уровень солнечной радиации, достигающей земли на 15-30% меньше, зимой наблюдается вдвое больше туманов, средняя скорость ветра на 20-30% ниже. Хотя по абсолютным величинам в городе выпадает больше осадков, но реально в почву их попадает меньше, поскольку происходит сброс дождевой воды в коллекторы и уборка снега («Рекомендации по...», 1990).

Свои особенности имеет воздушный режим Москвы: воздушные потоки как бы стекаются в центральную часть города, принося с собой атмосферные осадки или зной. Во многом это обусловлено особенностями рельефа и разницей температур в центре столицы и периферии. В Москве существуют зоны с достаточно плотной жилой застройкой, для которых характерны низкие, по сравнению с пригородами, скорости ветра (0-2 м/сек.) и частая повторяемость штилей весной и летом. Среднегодовая скорость ветра – 2,3 м/сек.

Наиболее неблагоприятным последствием метеорологических условий является аккумуляция в приземных слоях атмосферы примесей, обусловленная слабым ветром, туманами и наличием повышенных концентраций токсических веществ. Следствием увеличения облачности является уменьшение годовых сумм продолжительности солнечного сияния и увеличение числа дней без солнца. Отмечается тенденция к снижению поглощенной радиации и радиационного баланса. Вследствие этого центр города теплее окраин в течение всего года, ливневые дожди в центре в 1,5 раза чаще и, соответственно, в центре на 100 часов в год меньше солнечное сияние.

Специфика теплового режима приводит к значительным изменениям водно-физических свойств почв и грунтов. Повышение температуры приводит к уменьшению влажности почв и грунтов. («Почва, город...», 1997).

2.2.1.4. Растительный покров.

Экологическое состояние региона в значительной степени влияет на его растительный покров.

Хотя в городах и преобладают застроенные площади, но все же в черте города сохраняются не только лесные массивы, но также и суходольные луга, фрагменты пойменных лугов, переходных и низинных болот, реки и водоемы в естественных берегах. Но эти разнообразные ландшафты, столь необходимые в городе, продолжают сокращаться.

Территории природного комплекса Москвы составляют единое целое с системой природных территорий Московского региона и включают в себя городские и пригородные леса и лесопарки, парки, озелененные территории различного назначения и долины рек. В систему территорий природного комплекса столицы входят объекты уникальной экологической, ландшафтной, историко-культурной ценности: национальный парк «Лосиный остров», природный парк «Битца», водно-ландшафтная система Крылатское-Серебряный Бор-Строгино, историко-культурные ансамбли «Коломенское», «Царицыно», «Кусково», «Дубровицы» и др. Эти озелененные территории вместе с почвенным покровом, воздушным бассейном и почвенно-грунтовым водами выполняют важнейшие средозащитные, санитарно-гигиенические, рекреационные и эстетические функции.

Согласно данным Реестра на территории города Москвы распространены свыше 340 видов деревьев и 270 видов деревьев. Благодаря его высокой регенеративной способности, устойчивости к неблагоприятным факторам и быстрому распространению самосевом наиболее распространен на территории города клен ясенелистный (38%). Достаточно распространены также клен остролистный (22%), липа мелколистная (9%) и тополь бальзамический (9%).

Из редких древесных пород, произрастающих на территории города, в ходе инвентаризации выявлены: лиственница Гмелина, пихта Нордмана, тсуга канадская, ильм лопастной, ель Глена, рябина амурская, клен японский, боярышник алмаатинский, сумах оленерогий (уксусное дерево), лапина ясенелистная, сосна черная, орех черный, кипарисовик Лавсона (лжекипарис), псевдотсуга тиссолистная (Мензиса), криптомерия японская, ель аянская, аралия маньчжурская.

Травянистый покров города в основном представлен искусственными газонами. Видовой состав газонных трав представлен типично газонными видами (райграс пастбищный, овсяницы красная и луговая, мятлик луговой), условно газонными злаками (ежа сборная), кормовые (тимофеевка луговая) и сорные злаки (пырей ползучий, мятлик однолетний).

По предварительным оценкам, состояние растительного покрова свидетельствует о крайне неблагоприятной экологической ситуации в городе, особенно внутри Садового кольца, в непосредственной близости от экологически вредных предприятий и вдоль крупных автомагистралей. Особенно неблагоприятная окружающая среда отражается на молодых деревьях с поверхностной корневой системой. Наблюдаются средние декоративные качества древостоя, повреждение стволов и кроны.

По результатам обследования установлено, что в хорошем состоянии (4-5 баллов по шкале декоративности) находятся 52% обследованных газонов, 28% находится в удовлетворительном состоянии (3 балла по шкале декоративности), доля газонов в неудовлетворительном состоянии – 20%. На всех газонах, получивших неудовлетворительные оценки состояния, наблюдались разнообразные дефекты газонного покрытия, такие как обилие сорной

растительности, наличие мусора, неравномерность рельефа, наличие проплешин и тропинок.

В большинстве случаев возникновение проплешин на обследованных газонах предположительно связано с отсутствием надлежащих и своевременных мер по уходу за состоянием газонного покрытия, проплешины также наблюдались вблизи плоскостных сооружений, были образованы грунтовыми дорожками или являлись следствием затенения поверхности почвы древесным ярусом.

Замусоренность всех обследованных газонов невысокая (не выше 2 баллов), основными загрязнителями являются бумага, пластиковые и стеклянные бутылки, полиэтиленовые упаковки, кирпич, гравий, окурки.

Как отмечают специалисты-экологи, к числу отрицательных факторов, воздействующих на зеленые насаждения Москвы, необходимо отнести:

- повышенную загрязненность, задымленность и запыленность воздуха и химическое и биологическое загрязнение поверхностных и грунтовых вод;
- нарушение температурного и водного режима почвы;
- изменение физико-химических и физико-механических свойств почв;

2.2.1.5. Морфологические особенности городских почв.

На территориях занимаемых сейчас крупными городами – Москвой и Подольском сформировались различные структуры почвенного покрова, характерные для южно-таежной хвойно-широколиственной подзоны. На водоразделах моренной и водно-ледниковой равнин распространены различные подзолистые и дерново-подзолистые почвы различной степени оподзоленности, оглеенности, гумусированности и т. д. в сочетании с подзолисто-болотными и болотными торфяными почвами. Лесные почвы имеют хорошо развитую, часто оторфованную лесную подстилку.

Большая часть городской территории покрыта долинно-балочным комплексом и поэтому на дренированных склонах террас сформировались дерново-подзолистые почвы, местами с подстиланием карбонатных пород. В поймах рек (р. Москва, р. Пахра) и их притоках распространены разнообразные аллювиальные дерновые, луговые и болотные почвы.

Однако, на современном этапе развития островки естественных почв остались лишь в городских лесах (Лосиный остров, Фили-Кунцево, Битцевский

парк, Дубки, Остафьево и т. д.); остальные территории подверглись значительным изменениям состава и структуры почвенного покрова, что привело к формированию почв специфичного строения морфологического профиля.

Современные городские почвы значительно отличаются от естественных природных. Они формируются на естественных почвообразующих породах, на культурном слое, на насыпных и перемешанных грунтах. Их отличительной особенностью является наличие большого количества антропогенных включений в средней и нижней частях профиля, а также слоев, например, застывшего известкового раствора, шлака или старого кирпича.

Урбаноземы, формирующиеся на культурном слое, представляют собой верхнюю прогумусированную часть слоя, по морфологическим свойствам различающиеся набором насыпных горизонтов и их мощностью («Почва, город...», 1997). Профиль почв характеризуется чередованием супесчаных горизонтов с песчаными и глинистыми прослойками. Количество горизонтов в профилях различается от одного (слой однородно перемешан) до шести и более. В основном горизонты насыпные и уплотнены.

Такие почвы, развивающиеся в пределах мощного культурного слоя, характерны для центральной части города. Для пылевато-гумусных урбаноземов центра Москвы характерна мощность от 40 (при подстилании бетонной плитой или остатками фундамента зданий) до 120 и более см. В старых парках почвы представлены урбаноземами с мощным гумусовым горизонтом.

На периферии города распространены почвы, у которых нижняя часть профиля представляет собой сочетание естественных почвенных горизонтов с присущими им окраской, структурой и свойствами, а верхняя – антропогенно-нарушенные укороченные, перемешанные или насыпные слои U. Подзолистый горизонт в таких почвах представлен фрагментами в виде затеков и пятен в горизонтах A1EL, ELB. В лесопарках распространены естественные дерново-подзолистые почвы разной степени гумусированности, оподзоленности и конечно нарушенности. Почвенный профиль таких почв состоит из лесной подстилки O мощностью 0-3 см, под ней залегает гумусовый горизонт A1, мощностью 5-10 см. Ниже – подзолистый горизонт EL, сменяемый переходным горизонтом ELB и

серией иллювиальных горизонтов Bt, которые постепенно переходят в почвообразующую породу С или подстилающую D.

2.2.1.6. Грунтовые воды.

Характерное для центра города потепление грунта и воздуха усиливает вероятность подъема почвенно-грунтовых вод вместе с растворимыми в них солями.

В городских условиях меняется химический состав и глубина залегания грунтовых вод. Происходит постепенное подтопление некоторых частей города, поскольку нарушился естественный круговорот воды и ухудшился дренаж территории («Почва, город...», 1997). В местах активной застройки осушаются болота, засыпаются долины малых рек и ручьев. Подъем грунтовых вод происходит также из-за утечек из водопроводов и прорывов канализационных труб, фильтрации из прудов и строительных котлованов, поливов зеленых насаждений и т. д. По данным Московской геолого-гидрологической экспедиции, из 510 км русел малых московских рек уничтожено 290 км. Открытое русло сохранено у семи рек: Яузы, Сетуни, Сходни, Раменки, Очаковки, Ички и Чечеры. Русла крупных рек города Подольска (р. Пахра, р. Моча) также сохранены в естественном состоянии. Остальные реки частично или полностью заключены в коллекторные системы.

Из-за несовершенства водопроводов, теплотрасс и коммуникаций через почву ежедневно проходит почти 400 тыс. куб. метров воды. В некоторых местах утечки достигают 40% и в среднем составляют 4-6% по городу. Таким образом, в подтопленном состоянии (уровень грунтовых вод выше 3-х метров) находится 40% городской территории Москвы, особенно Центральный, Восточный, Северо-Восточный, Западный округа. В меньшей степени подтопление наблюдается в городе Подольске, и характерно для новостроящихся районов – Кузнечики, Фетищево. Но в то же время, уровень водоносного слоя может сознательно понижаться для облегчения строительства, а это вызывает уменьшение запасов влаги в корнеобитаемом слое и снижение грунтового стока, в том числе и вследствие запечатанности территории асфальтом, жилыми и промышленными постройками.

Главными источниками загрязнения водоемов и почвенно-грунтовых вод являются городские станции аэрации, загрязненный поверхностный сток и общая захламленность территории города. Поверхностный сток внутри города складывается из атмосферных осадков, паводковых вод и таяния снега. Большое количество растворимых солей в поверхностных осадках и атмосферной пыли, сбрасывание промышленных и бытовых стоков способствовали превращению на 85% территории города пресных грунтовых вод в слабоминерализованные воды сложного состава с минерализацией до 2-3 г/л (Просенков, 1974).

2.3. Характеристика экологической обстановки в Московском регионе.

2.3.1. Атмосферный воздух.

Как известно, приоритетными веществами по степени опасности для здоровья населения являются диоксид азота (результат сжигания любого вида топлива), мелкие взвешенные частицы (источники – автотранспорт, цементная, асфальтобетонная и др. промышленность), ПАУ (автотранспорт и сжигание топлива кроме природного газа), формальдегид (выбросы бензинового автотранспорта), ароматические углеводороды (в основном бензол, появляющийся при использовании добавок к бензиновому топливу). Установленные в России ПДК для кратковременных и длительных воздействий основного ряда загрязняющих веществ (за исключением бензола) строже стандартов качества воздуха, рекомендованных Всемирной организацией здравоохранения и установленных директивами стран Европейского союза.

В целом, в 2012-2014 гг. (период исследований) отмечено снижение или стабилизация концентраций диоксида азота в целом по Московскому региону, а также снижение концентраций оксида азота на 15-16%; увеличение концентраций взвешенных веществ (PM_{10}), диоксида серы, приземного озона (что связано с особенностями режима осадков в течение года, влиянием отдельных эпизодов неблагоприятных метеорологических условий (НМУ), повторяемостью эпизодов повышенного загрязнения), а также сохранение на уровне 2013 года концентраций оксида углерода.

В соответствии с РД 52.04.667-2005 уровень загрязнения атмосферного воздуха в Москве за 2014 г. оценивался как низкий – индекс загрязнения атмосферы (ИЗА) составлял 4,3, что ниже значений 2013 года (6,2). Снижение

обусловлено изменением ПДК_{сс} по формальдегиду с 0,003 на 0,01 мг/м³. При расчете по старым нормативам формальдегида ИЗА в 2014 г. составляет 6,0 («повышенный») и соизмерим с данными 2013 г. По показателям СИ (стандартный индекс – наибольшая измеренная разовая концентрация загрязняющего вещества, делённая на ПДК) и НП (наибольшая повторяемость превышения ПДК загрязняющим веществом в городе) уровень загрязнения за 2014 г. характеризуется как «повышенный». Стандартный индекс СИ (за исключением сероводорода составил) – 4,1 (концентрации РМ₁₀), НП – 1,2% (концентрации РМ₁₀).

Среднегодовые концентрации других загрязняющих веществ соответствовали установленным нормативам и составили: оксид углерода – 0,15 ПДК_{сс} (0,44 мг/м³), диоксид азота – 0,95 ПДК_{сс} (0,038 мг/м³), оксид азота – 0,43 ПДК_{сс} (0,026 мг/м³), диоксид серы – 0,09 ПДК_{сс} (0,004 мг/м³), взвешенных веществ с размерами менее 10 мкм (РМ₁₀) и менее 2,5 мкм (РМ_{2.5}) – 0,98 и 0,78 ПДК_{сс} (0,039 и 0,020 мг/м³) соответственно. Среднегодовая концентрация озона составила 0,9 ПДК_{сс} (0,025 мг/м³), однако среднемесячные концентрации превышали установленный в России норматив с марта по август (1,20-1,45 ПДК_{с.с.}).

В 2014 году Правительство Москвы и Московской области в целях проводят мероприятия по снижению уровня загрязнения атмосферного воздуха:

1. стимулирование покупки электромобилей и маломощных автомобилей:
 - использование электромобилей для обслуживания особо охраняемых природных территорий;
 - право бесплатной парковки на платных городских паркингах;
 - пониженная ставка транспортного налога для маломощных автомобилей;
2. обновление общественного транспорта:
 - оснащение муниципального парка автобусами с экологическими характеристиками не ниже Евро-4;
 - закупка общественного транспорта, работающего на компримированном природном газе (КПГ);
 - требования о соответствии как минимум 3 экологическому классу автотранспорта операторов городских автобусных маршрутов;

- требования о соответствии как минимум 2 экологическому классу автотранспорта операторов междугородних автобусных маршрутов, управляющихся из г. Москвы;
3. обновление грузового транспорта:
- ограничение въезда и передвижения грузового автотранспорта в центральной части города (ограниченной третьим транспортным кольцом) по экологическим классам;
4. стимулирование использования транспорта на сжатом природном газе:
- поддержка развития газозаправочной инфраструктуры.

В рамках проводимой Правительством политики в области экологизации и модернизации промышленных производств городов Московского региона рядом крупных предприятий приняты природоохранные программы со значительной экологической эффективностью, в том числе в области снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух. Так, в 4 квартале 2010 г. была принята и реализуется в настоящее время масштабная программа реконструкции и модернизации МНПЗ. Срок полной реализации программы – 2020 г., при этом срок реализации основных мероприятий по снижению выбросов в атмосферный воздух – 2015 г. За счет мероприятий по реконструкции и модернизации к 2015 г. предусмотрено снижение выбросов МНПЗ в атмосферный воздух на 48%, по сероводороду снижение объема выбросов составит 96%. Выполнение предусмотренных программой мероприятий полностью исключит проблему появления неприятных запахов.

В целом, средний уровень загрязнения атмосферного воздуха в Москве и в Московском регионе в общем в 2014 году не превысил аналогичных показателей за 2013 год.

2.3.2. Водные объекты.

До присоединения к Москве новых территорий гидрографическая сеть города была представлена более чем 140 водотоками и 400 водоемами естественного и искусственного происхождения. С расширением в 2013 г. границ города количество рек и ручьев увеличилось более чем в два раза, прудов – в полтора раза (еще около 150 водотоков и около 200 водоемов).

В городе организована единая система мониторинга качества поверхностных водных объектов. Общее количество створов наблюдения с учетом присоединенных территорий доведено до 66. Из них на реке Москве предусмотрено 13 контрольных створов, 14 створов – в устьях малых рек, 18 створов расположены на крупных притоках, 14 на присоединенных территориях. Контрольные пробы отбираются круглогодично один раз в месяц по 40 показателям: рН, прозрачность, растворенный кислород, взвешенные вещества, БПК₅, ХПК, сухой остаток, хлориды, сульфаты, фосфаты, ионы аммония, нитриты, нитраты, железо общее, марганец, медь, цинк, хром общий, никель, свинец, кобальт, алюминий, кадмий, нефтепродукты, фенолы, формальдегид, АПАВ, сульфиды, токсичность и др.

Результаты мониторинга свидетельствуют о том, что превышения нормативов, установленных для водных объектов культурно-бытового водопользования, по среднегодовым концентрациям отмечены только по содержанию аммонийного азота в нижнем течении реки после выпуска КОС (4,6 ПДКк-б на выходе из города в районе Бесединского моста). При этом в предыдущем 2013 г. по среднегодовым концентрациям во всех створах наблюдений отмечались превышения нормативов по содержанию органического загрязнения по ХПК (до 1,3 ПДКк-б), взвешенных веществ (до 2,0 ПДКк-б), а также железа и алюминия в верхнем течении реки (до 1,4 и 1,8 ПДКк-б соответственно). Также в 2013 г. было зафиксировано, что основная часть загрязняющих веществ, по которым нарушены нормативы, являются «приходящими» загрязнениями со стороны Московской области. Исключение составляет только содержание в воде иона аммония, которое является следствием сброса сточных вод коммунально-бытовой канализации.

По итогам 2014 г. качество воды по данным показателям улучшилось, что свидетельствует о снижении негативного влияния хозяйственной деятельности области, за исключением повышенного содержания марганца до уровня ПДКк-б в верхнем течении реки.

В целом в 2014 г. снизилось влияние хозяйственной деятельности города на загрязнение р. Москвы взвешенными веществами в 1,3 раза, нефтепродуктами в 1,5 раз, марганцем в 2 раза, нитритами в 3,5 раза, формальдегидом в 1,6 раз, а также

магнием в 1,4 раза. Однако отмечено увеличение влияния по содержанию хлоридов и сульфатов в 1,2 (характеризуют общее солесодержание), иона аммония, фосфатов, нитратов в 2 раза (сброс недостаточно очищенных коммунально-бытовых сточных вод), а также металлов, таких как железо, цинк, никель, алюминий, кадмий в 1,3 раза.

Отмечается, что воды рек южных регионов ближнего Подмосковья характеризуются как неблагоприятные и не соответствуют нормативам культурного водопользования.

Качество воды в р. Пахре по среднегодовым концентрациям не соответствовало нормативам культурно-бытового водопользования по содержанию трудноокисляемой органики по ХПК во всех створах наблюдений до 1,6 ПДКк-б, взвешенных веществ в районе Московского малого кольца (ММК) до 1,7 ПДКк-б, а также железа и марганца во всех створах наблюдения до 2 ПДКк-б. Кроме того, отмечено превышение норматива культурно-бытового водопользования по содержанию алюминия почти во всех створах наблюдения до 1,3 ПДКк-б. Стоит также отметить, что влияние поверхностного стока с территории крупных магистралей, таких как Киевское шоссе и Московское малое кольцо, не оказывает существенного влияния на содержание в р. Пахре нефтепродуктов.

Анализ качества воды водных объектов города Москвы свидетельствует, что по большинству показателей вода соответствует требованиям культурно-бытового водопользования.

2.3.3. Почвенный покров города Москвы.

В 2004 году в Москве началась организация сети мониторинговых пунктов почвенного покрова с учетом функционального зонирования и территориального деления, целью которой является наиболее полное информационное обеспечение о современном состоянии почв города, отслеживать тенденции изменения их состояния, выявлять наиболее актуальные проблемы в данной области и, в случае необходимости, своевременно принимать соответствующие управленческие решения.

Очевидно, что почвы мегаполисов подвергаются значительной антропогенной нагрузке, что зачастую приводит к их деградации и,

соответственно, к нарушению нормального функционирования, что оказывает влияние на живые организмы, в том числе и на человека.

В почвенном покрове города преобладают сформированные хозяйственной деятельностью человека урбаноземы – почвы с нарушенным строением профиля, несогласованным залеганием горизонтов, наличием урбиковых (антропогенных) горизонтов, высокой степенью загрязненности тяжелыми металлами и органическими веществами, наличием включений строительного и бытового мусора («Почва, город...», 1997; Герасимова, Строганова, Можарова и др., 2003).

Средняя мощность гумусированной толщи варьирует в среднем от 2 до 26 см. Такая ситуация обусловлена деградацией почв, снижением поступления органического вещества в почву с растительным опадом, частым физическим нарушением при производстве земляных работ. На территориях, сложенных насыпными техногенными грунтами, мощность гумусированной толщи составляет не более 2–4 см.

Данные экологического мониторинга свидетельствуют, что наиболее замусорен почвенный покров на территориях пустырей, промышленных зон и в полосах отчуждения железных дорог. Каменистость почв в городе (является важным показателем степени антропогенного влияния на почву) составляет около 70%. Также высокая каменистость и наличие щебнистых включений негативно сказываются на росте и развитии растений. В районах плотной застройки или примыкающих к промышленным зонам в почвах выделяются целые горизонты, практически полностью состоящие из щебня разного размера.

Запечатанность почвенного покрова города по-прежнему остается высокой. Средняя запечатанность городских почв составляет 60%. Минимальный процент запечатанности около 2% характерен для территорий парков, скверов и лесных массивов (Прокофьева, 1998).

Показателем деградации почвенного покрова города является изменение их так называемых агрохимических свойств (свойств, определяющих биопродуктивность почв).

2.3.3.1. Агрохимическая характеристика почв.

По результатам мониторинга почв установлено, что основная их часть (83%) характеризуется нейтральной и близкой к нейтральной реакцией среды ($pH = 6,6-$

7,5). В сравнении с 2013 г., когда наблюдалось увеличение количества слабощелочных почв, в 2014 г. доля проб с рН почвенного раствора выше 7,5 снизилась в 3,4 раза, а также отмечен рост с 6 до 8,9% (в 1,4 раза) проб со средне- и слабокислой реакцией. Наиболее вероятная причина наблюдаемых изменений – замена почвогрунтов на грунты, содержащие верховой торф, имеющий кислую реакцию среды.

С 2011 по 2014 гг. доля проб почв с очень высоким уровнем содержания органического вещества (свыше 10%) возросла с 18,7% до 29,3% (в 1,6 раза). Минимальные содержания органического вещества отмечены в почвах парков (8,6%), лесопарков (9,3%) и территориях, не вовлеченных в хозяйственную деятельность (9,5%), в почвах остальных функциональных зон величина показателя варьирует в пределах 12,5-14,5%. Содержание органического вещества в почвах города – 5,1-14,5%.

За период с 2011 по 2014 гг. доля проб с очень высоким содержанием фосфора (> 250 мг/кг) выросла с 72,8 % до 84,6%. Среднее содержание подвижных соединений фосфора в почвах Москвы в 2014 г. составило 537 мг/кг и снизилось в 1,2 раза по сравнению с 2013 г. Максимальные значения показателя выявлены в почвах ЮАО, ЮВАО и ВАО (свыше 600 мг/кг). В 2014 г. уровень оптимального содержания доступных соединений фосфора (300 мг/кг) превышен в 74,5% проб почв (в 2013 г. – 73%) (зафосфачивание почвы вызывает нарушение баланса между макро- и микроэлементами и снижает содержание доступной для растений почвенной влаги). Среди территорий различного функционального назначения сравнительно минимальные содержания подвижных соединений фосфора выявлены в почвах зон с разноэтажной застройкой (535,7 мг/кг), в почвах остальных функциональных зон величина показателя варьирует в пределах 538,3 – 578,7 мг/кг.

По данным обследования 2014 г. 62,6% составили почвы с высоким (170-250 мг/кг) и очень высоким (свыше 250 мг/кг) уровнем содержания подвижного калия (суммарное количество), что в 1,2 раза выше, чем в 2013 г. (53,5%). Очень низкий и низкий уровень отмечен лишь в 8,1% проб. Среди функциональных зон минимальными содержаниями подвижных соединений калия характеризуются почвы лесопарков (232,5 мг/кг) и природных, национальных и дендрологических

парков (232,8 мг/кг), в почвах остальных функциональных зон величина показателя в среднем находится на уровне около 230-240 мг/кг.

2.3.3.2. Загрязнение почв тяжелыми металлами.

Загрязненность городских почв тяжелыми металлами во многом определяется рядом факторов (длительность периода формирования территорий города, пространственная приуроченность изученных площадок к промышленным зонам и наличие в недавнем прошлом на их месте функциональных образований, характеризующихся высокими концентрациями токсичных металлов – свалки, поля фильтрации и т.д.).

В 2014 г. валовые содержания тяжелых металлов в почвах тяжелого гранулометрического состава в среднем не превышали установленных санитарно-гигиенических нормативов. Незначительный рост по сравнению с 2013 г. (за исключением свинца) находился в пределах статистической погрешности. Концентрация свинца по сравнению с 2013 г. выросла в 1,7 раза (до 42,6 мг/кг), но при этом не превышала установленную ориентировочно-допустимую концентрацию (ОДК) (130 мг/кг).

В почвах легкого гранулометрического состава выявлены превышения ОДК по содержанию валовых форм цинка (в 2,5 раза), свинца (в 1,3 раза), кадмия (в 1,3 раза), мышьяка (в 2,1 раза), однако в сравнении с результатами 2013 г. в целом концентрации остались стабильными. Заметный рост (в 1,7 раза) наблюдался, как и в почвах тяжелого гранулометрического состава, лишь по содержанию свинца. Повышенному содержанию тяжелых металлов в городских почвах способствовала преимущественно нейтральная и слабощелочная реакция почв и высокое содержание в них органического вещества.

Наиболее опасными являются подвижные формы тяжелых металлов, поскольку они характеризуются высокой биоактивностью. В 2014 г. содержание подвижного цинка превышало установленную ПДК (23 мг/кг) в 1,4-1,6 раза, свинца – в 1,2-1,4 раза (ПДК – 6 мг/кг), в почвах всех функциональных зон, при этом норматив по содержанию цинка оказался превышен в 42,5% проб, свинца – в 35,5% проб. Количество проб с превышениями по подвижному цинку и свинцу в 2014 г. выросло по сравнению с 2013 г. в 1,2 и в 1,4 раза соответственно.

Сравнение результатов мониторинга за период 2011-2014 гг. показало, что среднее содержание подвижных форм тяжелых металлов несколько возросло. В сравнении с результатами мониторинга 2013 г. концентрация подвижных форм хрома в почвах увеличились в 1,6 раза, кобальта – в 1,4 раза, свинца – в 1,3 раза. Содержание в почвах меди, цинка и никеля в целом оставалось стабильным, при этом содержание цинка превышало ПДК в 1,4 раза (в 2013 г. – 1,3 ПДК).

Оценка состояния почвенного покрова на основе суммарного показателя загрязнения (Z_c) показала, что почвы всех административных округов города Москвы и города Подольска относятся к категории слабого (допустимого) загрязнения (Z_c менее 16) (рис. 2.1).

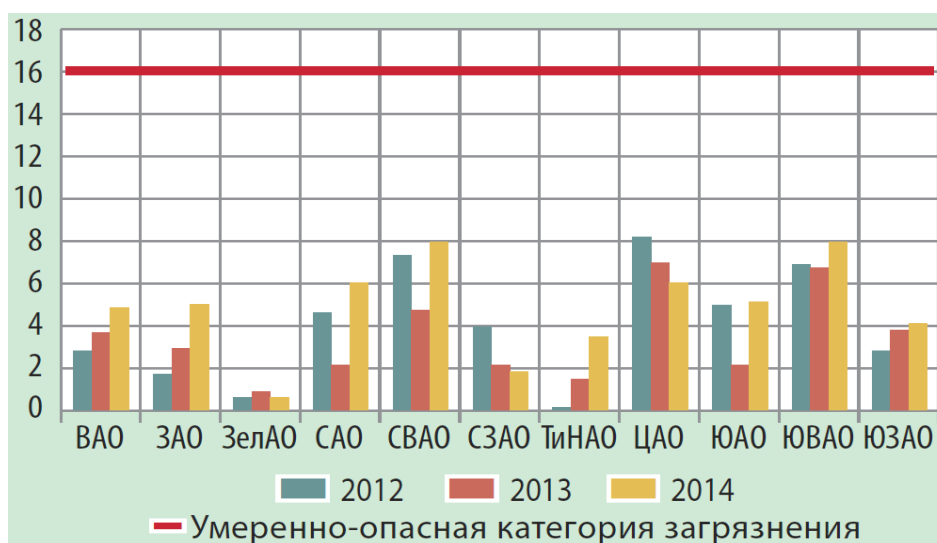


Рис. 2.1. Динамика химического загрязнения почвенного покрова на основе показателя суммарного показателя загрязнения (Z_c).

При этом в ходе мониторинговых наблюдений в Москве выявляются отдельные точки, в которых уровень загрязнения почв превышает допустимый. Основной вклад в формирование высокого уровня загрязнения почв в этих точках внесло присутствие высоких валовых содержаний цинка, меди, свинца и в отдельных случаях – мышьяка.

2.3.3.3. Загрязнение почв бенз(а)пиреном и нефтепродуктами.

Исследования загрязненности почв органическими токсикантами, в первую очередь, - бенз(а)пиреном и нефтепродуктами – является одним из важнейших направлений почвенно-экологического мониторинга в городе. В качестве негативного результата постоянно возрастающего техногенного воздействия на окружающую среду городов Московского региона является ее загрязнение

нефтепродуктами и одним из продуктов сгорания углеводородного топлива – бенз(а)пиреном. Кроме того, поступление органических загрязнителей в почву может происходить при транспортировке, переработке, потреблении нефти и нефтепродуктов на территории города.

Производство энергии, химическая и нефтехимическая промышленность, автотранспорт и предприятия по производству строительных материалов также являются основными потенциальными источниками загрязнения нефтепродуктами городских почв. В таблице 2.1. представлены результаты мониторинга содержания бенз(а)пирена и нефтепродуктов в городских почвах за период с 2010 по 2014 год (<http://www.eco.mos.ru/eco/getimage?objectId=11391>).

Таблица 2.1. Динамика содержания бенз(а)пирена и нефтепродуктов в почвах города Москвы, мг/кг.

Показатель	Бенз(а)пирен					Нефтепродукты				
	2010	2011	2012	2013	2014	2010	2011	2012	2013	2014
Среднее содержание	0,04	0,07	0,04	0,04	0,06	224,5	266,4	235,1	332,5	352
Кпдк ср	2,1	3,5	2,0	2,0	3	0,78	0,89	0,78	–	–
Min	0,1	0,05	0,05	0,05	0,01	4	13	11	14	14
Max	1,95	1,8	1	0,32	0,85	1880	1830	1780	2872	1819
Кол-во превышений ПДК от общего числа точек отбора, в %	52,5	79,0	45,1	39,1	43,6	–	–	–	–	–
ПДК	0,02					–				

В исследованиях, выполненных ГПБУ «Мосэкомониторинг» в 2014 г. отмечен рост количества проб (43,6%) с превышениями ПДК бенз(а)пирена в почвах в сравнении с 2013 г. (39,1%), при этом максимальное количество проб с превышениями норматива отмечалось в 2011 г. – 79%.

Содержание нефтепродуктов в почвах Москвы в целом остается стабильным на протяжении последних лет наблюдений. Результаты исследования загрязнения почвы органическими веществами, выполненные в 2014 году, показали общее незначительное увеличение концентраций нефтепродуктов в почвах (табл. 2.1.).

Распределение нефтепродуктов в почвах различных функциональных зон различается незначительно, сравнительный максимум содержания нефтепродуктов отмечен в почвах промышленных зон и территорий с разноэтажной застройкой.

Нетипичным является присутствие повышенных концентраций нефтепродуктов в почвах лесопарков

Максимальные содержания нефтепродуктов выявлены в почвах ЗелАО и ЮВАО (548-415 мг/кг). Наиболее благоприятная ситуация по загрязнению почв нефтепродуктами отмечалась в ЗАО и СЗАО, здесь концентрация загрязнителя в среднем не превышала 263,2-279,2 мг/кг почвы, в остальных административных округах концентрация нефтепродуктов в почве варьировала от 295,1 мг/кг до 389,7 мг/кг (рис. 2.2).

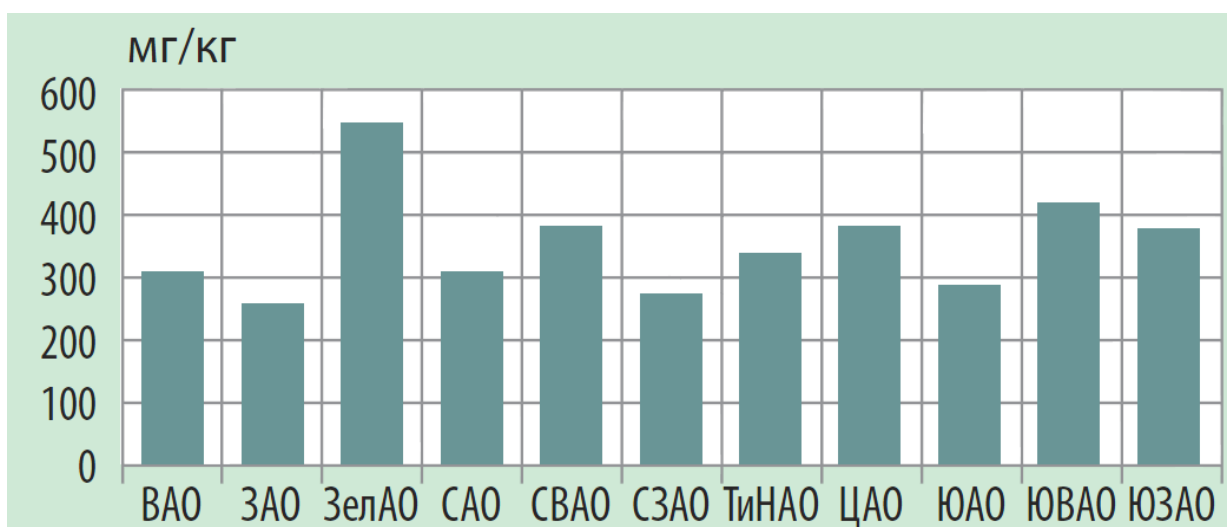


Рис. 2.2. Среднее содержание нефтепродуктов в почвах административных округов, мг/кг

Среднее содержание бенз(а)пирена в почвах всех округов, за исключением Зеленоградского, Западного и Юго-Западного административных округов превышает ПДК (рис. 2.3.). Самые низкие показатели загрязнения почв бенз(а)пиреном зафиксированы для ЗелАО, здесь его средняя концентрация не превышает 0,01 мг/кг (0,5 ПДК). Максимальные средние концентрации загрязнителя выявлены в почвах Северо-Восточного, Центрального и Юго-Восточного административных округов (0,08, 0,09 и 0,07 мг/кг соответственно).

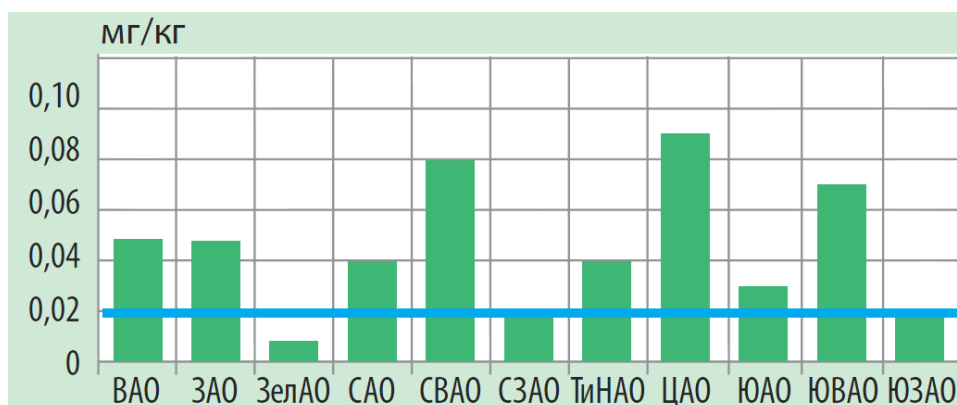


Рис. 2.3. Среднее содержание бенз(а)пирена в почвах административных округов, мкг/кг.

Изучение распределения бенз(а)пирена в почвах различных функциональных зон показало, что на территории города Москвы загрязнение почв данным канцерогеном распространено повсеместно, превышение норматива по содержанию бенз(а)пирена выявлено даже на территории лесопарков, национальных и природных парков (<http://www.eco.mos.ru>).

2.3.4. Экологическая обстановка в городе Подольске.

Подольск – это третий по величине населенный пункт в Московской области. Подольск – город областного значения, а также административный центр Подольского района Московской области. Это крупный промышленный центр, испытывающий значительную антропогенную нагрузку от расположенных здесь предприятий, транспортных потоков и непосредственной близости от крупного мегаполиса. Наиболее неблагоприятные в экологическом отношении являются северо-восточная и восточная части города. Здесь находятся машиностроительный, аккумуляторный, кабельный, мукомольный заводы, трикотажная фабрика, мясокомбинат и хлебокомбинат.

Основными экологическими проблемами региона являются:

- загрязнение атмосферного воздуха в результате выбросов вредных веществ от предприятий и автотранспорта;
- загрязнение водных объектов;
- возрастающее количество отходов производства и потребления;
- деградация растительного покрова и сокращение видового состава флоры и фауны

Стоит отметить, что за последние 3 года в области наблюдаются позитивные тенденции, характеризующиеся снижением доли проб, превышающих гигиенические нормативы, в воздухе жилой застройки вблизи автомагистралей. В 2014 годы превышения отмечены только по взвешенным веществам в пробах атмосферного воздуха – 6 проб с превышением ПДК_{м.р.} в 2,5 раза.

Для оценки возможного неблагоприятного влияния загрязнения атмосферного воздуха на здоровье населения специалистами отдела СГМ ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Московской области» рассчитаны уровни индивидуального и популяционного канцерогенного риска здоровью населения от воздействия бензола, формальдегида. Рассчитанный уровень канцерогенного риска

здоровью населения для канцерогеноопасных соединений (формальдегид, бензол), по данным ФГБУ «Центральное УГМС» показал, что полученные значения индивидуальных канцерогенных рисков для таких городов как Дзержинский, Мытищи, Подольск, Серпухов превышают диапазон приемлемого (допустимого) риска для здоровья населения.

Суммарный канцерогенный риск от воздействия двух анализируемых канцерогенов возможно, просчитать только для городов Мытищи и Подольск, который превышает верхнюю границу приемлемого уровня 10^{-4} . Подобные уровни характерны для крупных городов с большой загруженностью автотранспортом и функционирующими крупными промышленными предприятиями и свидетельствуют о повышенной потенциальной канцерогенной опасности для населения. Наибольший вклад в формирование суммарного канцерогенного риска приходится на долю бензола.

В 2014г. исследованные пробы почв по санитарно-химическим показателям не соответствовало гигиеническим нормативам 3 пробы (0,19%), что в 2,3 раза меньше, чем в предыдущие годы. По микробиологическим показателям из 1635 исследованных проб 93 пробы (5,69%, что в 1,5 раза выше данных 2013г.). По паразитологическим показателям из 2045 исследованных проб не соответствовало гигиеническим нормативам 18 проб (0,93%, 2013г. – 1,0%, 2012г. – 0,5%). Результаты исследований свидетельствуют о невысоком уровне загрязнения почвы по санитарно-химическим и паразитологическим показателям.

Подольск – зеленый город с многочисленными парками и лесами, что в значительной степени разряжает общую напряженную антропогенную нагрузку. Данные экологического мониторинга 2015 года свидетельствуют об отсутствии превышения нормативных показателей.

2.4. Характеристика непосредственных объектов и полевых методов исследования.

На территории города Москвы и города Подольска Московской области изучены почвы и снежный покров 6-ти участков, расположенных в функциональной зоне производственного назначения и территории транспортной инфраструктуры. Таким образом, все исследуемые участки испытывают

техногенную нагрузку достаточно высокого уровня в силу своего функционального назначения.

2.4.1. Характеристика непосредственных объектов, расположенных в городе Подольске.

Участки на территории города Подольска («Подольск-1», «Подольск-2» и «Подольск-3») располагаются в районах, испытывающих нагрузку различного характера. «Подольск-1» – воздействие автотранспорта и атмосферных выбросов ОАО «Машиностроительный завод «ЗиО-Подольск», «Подольск-2» – автотранспорта, «Подольск-3» – железнодорожного транспорта (рис. 2.4).





Рис. 2.4. Ситуационный план расположения участков в г. Подольске

Условные обозначения:

★ - площадка пробоотбора

Участки представляют собой достаточно окультуренные территории: общее проективное покрытие травянистых растений составляло в среднем 70-95%. Кроме того, участки в той или иной степени захламлены ТБО и остатками строительного мусора (табл. 2.2).

Таблица 2.2. Характеристика изучаемых объектов в г. Подольске.

Город	Местоположение участка/название участка	Координаты (геометрического центра участка)	Вид антропогенной нагрузки	Общая характеристика участка
Подольск	ул. Железнодорожная, д. 2/ «Подольск-1»	55°24'48.21"N 37°34'54.87"E	Автотранспорт, завод по производству энергетического оборудования «ЗиО»	Придорожная территория, газонная растительность с общим проективным покрытием 70-90%, захламленность ТБО и строительным мусором
	ул. Кирова, д.63А/ «Подольск-2»	55°25'20.65"N 37°31'5.02"E	Автотранспорт	Придорожная территория, газонная растительность с общим проективным покрытием 90-95%, ухоженная территория
	улица Правды, д. 326/ «Подольск-3»	55°24'30.38"N 37°33'8.69"E	Железнодорожный транспорт	Участок расположен вблизи железнодорожного полотна, лесозащитная полоса. Береза, липа в древесном ярусе, рудеральная растительность. Общее проективное покрытие 90-95%. Захламление ТБО

Разрезы, выполненные на изучаемых объектах города Подольска, позволили диагностировать городские почвы индустрисемы и собственно урбаноземы (Герасимова и др., 2003; «Классификация и диагностика почв России», 2004). Для всех почв характерны включения строительного и бытового мусора в верхних горизонтах. В качестве почвообразующей породы выступают насыпные, перемешанные грунты. Ниже приводятся описания морфологического строения почв, вскрытых разрезами на территории исследуемых участков «Подольск-1», «Подольск-2», «Подольск-3».

Разрез 1-1

Название объекта: «Подольск-1»

Дата обследования: 20.08.13;

Привязка: 55°24'48.21", 37°34'54.87", в 100 м на Северо-Восток от строения, расположенного по адресу: г. Подольск, ул. Орджоникидзе, д.9, с. 4;

Общий рельеф: Русская равнина.

Положение разреза относительно рельефа и экспозиция: вывешенный участок рядом с а\д полотном;

Микрорельеф: выражены микроповышения и микропонижения антропогенного происхождения ($\pm 20-30$ см);

Угодье: придорожная территория;

Уровень почвенно-грунтовых вод: не вскрыт;

Материнская и подстилающая порода: песчаные отложения

Название почвы: Индустрисем тяжелосуглинистый на техногенных отложениях;

Растительность: разнотравно-луговая (одуванчик, клевер, тимopheевка, гусиная лапка) с примесью рудеральных растений (ОПП 70-90%)



Горизонт и мощность, см	Описание разреза: гранулометрический состав, влажность, окраска, структура, плотность сложение, новообразование, включение, характер вскипания, характер перехода горизонтов, признаки заболоченности, засоленности, солонцеватости и прочие особенности
A1, 0-19	Свежий; буровато-серый с палевыми пятнами; структура комковатая; гранулометрический состав супесчаный; обилие корней; включения щебня d от 1-2 см до 5 см; граница слабоволнистая, переход заметный по окраске и сложению;
U, 20-36	Свежий; окраска буровато-коричневая; бесструктурный; много корней; включения щебня d от 1-3 см до 5 см; гранулометрический состав легко-суглинистый; граница волнистая переход ясный по окраске;
U1, 36-70	Свежий, слабо охристо-темно-коричневый, структура неясно выраженная комковатая (почти бесструктурный); гранулометрический состав от легкого к среднему суглинку; включения щебня d от 1-2 см до 3-5 см; граница слабоволнистая, переход ясный по цвету, структуре;
U3, 71-...	Свежий; буровато-желтый; бесструктурный; тяжелый суглинок с небольшим количеством включений камней d от 3-4 мм до 2-3 см

Разрез 1-2

Название объекта: «Подольск-2»

Дата обследования: 21.08.13;

Привязка: 55°25'20.65", 37°31'5.02", в 100 м на Северо-Запад от строения, расположенного по адресу: г. Подольск, ул. Кирова, д. 63А;

Общий рельеф: Русская равнина.

Положение разреза относительно рельефа и экспозиция: выположенный участок рядом с а\д полотном;

Микрорельеф: выражены микроповышения и микропонижения антропогенного происхождения ($\pm 20-30$ см);

Угодье: придорожная территория;

Уровень почвенно-грунтовых вод: не вскрыт;

Материнская и подстилающая порода: песчаные отложения

Название почвы: Собственно урбанозем супесчаный на легкосуглинистой техногенно-преобразованной породе;

Растительность: разнотравно-луговая (мятлик луговой, овсяница красная, Райграс многолетний) (ОПП 90-95%)



Горизонт и мощность, см	Описание разреза: гранулометрический состав, влажность, окраска, структура, плотность сложение, новообразование, включение, характер вскипания, характер перехода горизонтов, признаки заболаченности, засоленности, солонцеватости и прочие особенности
Ad, 0-10	дернина, свежий, окраска буровато-темно-серая, грансостав переходный от супеси к легкому суглинку, комковато-порошистая структура, обилие корней, включения камней, кирпича, щебня; граница волнистая, переход заметный по окраске;
U1, 10-28	Свежий; на буровато-сером фоне темно-серые и белесые пятна; структура комковатая; много корней; включения кирпича и стекла; гранулометрический супесчаный; граница волнистая переход заметный по окраске и сложению;
U2, 28-52	Свежий, окраска серо-бурая, структура комковато-глыбистая; гранулометрический состав легкий суглинок; граница слабоволнистая, переход ясный по цвету, структуре;
U3, 52-65-...	Свежий; буровато-палево-серая, структура комковатая; средний суглинок, плотный, включения камней и щебня d от 3-4 мм до 2-3 см

Разрез 1-3

Название объекта: «Подольск-3»

Дата обследования: 22.08.13;

Привязка: 55°24'30.38" 37°33'8.69", в 100 м на Северо-Запад от строения, расположенного по адресу: г. Подольск, улица Правды, д. 32б;

Общий рельеф: Русская равнина.

Положение разреза относительно рельефа и экспозиция: возвышенный участок рядом с ж\д полотном, восточная экспозиция, крутизна 3-5°;

Микрорельеф: выражены микроповышения и микропонижения антропогенного происхождения ($\pm 20-30$ см);

Угодье: ж\д объект;

Уровень почвенно-грунтовых вод: не вскрыт;

Название почвы: Урбанозем среднесуглинистый на техногенных отложениях;

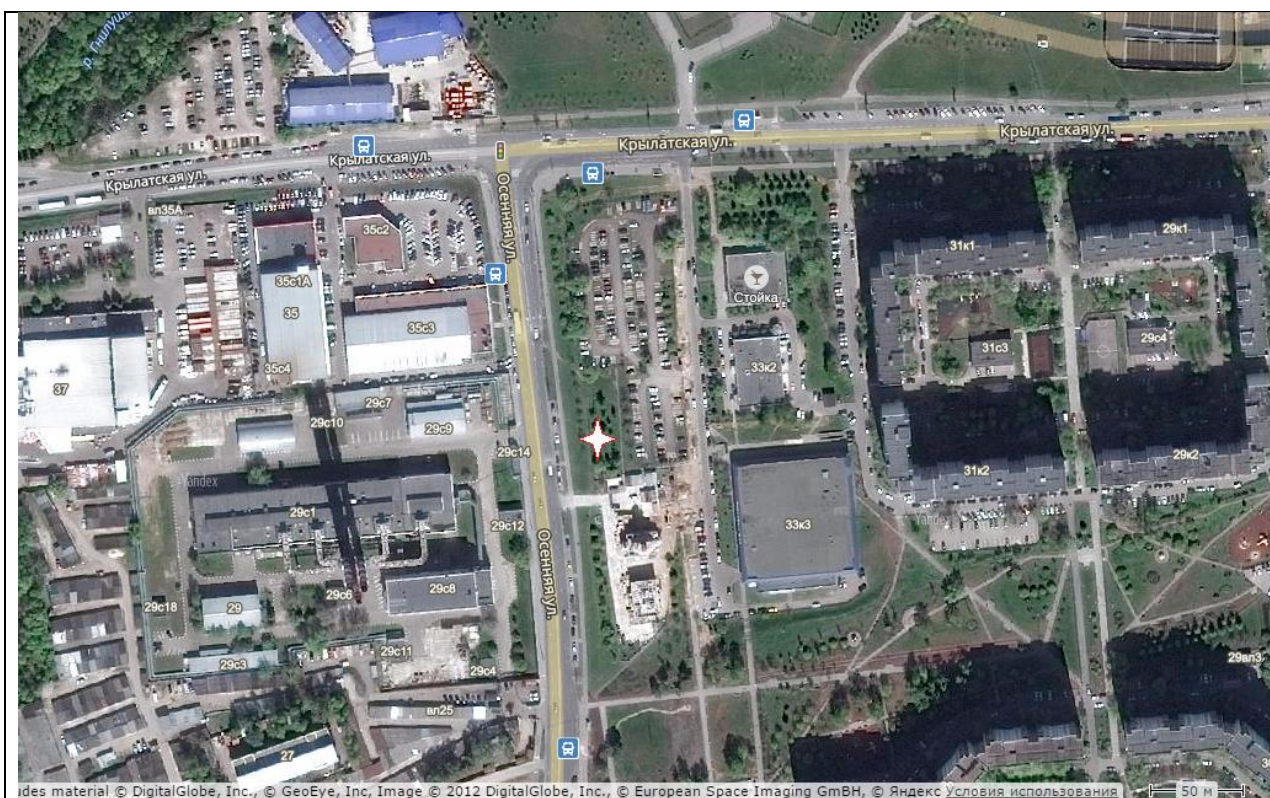
Растительность: Береза, липа в древесном ярусе, рудеральная растительность (ОПП 90-95%)



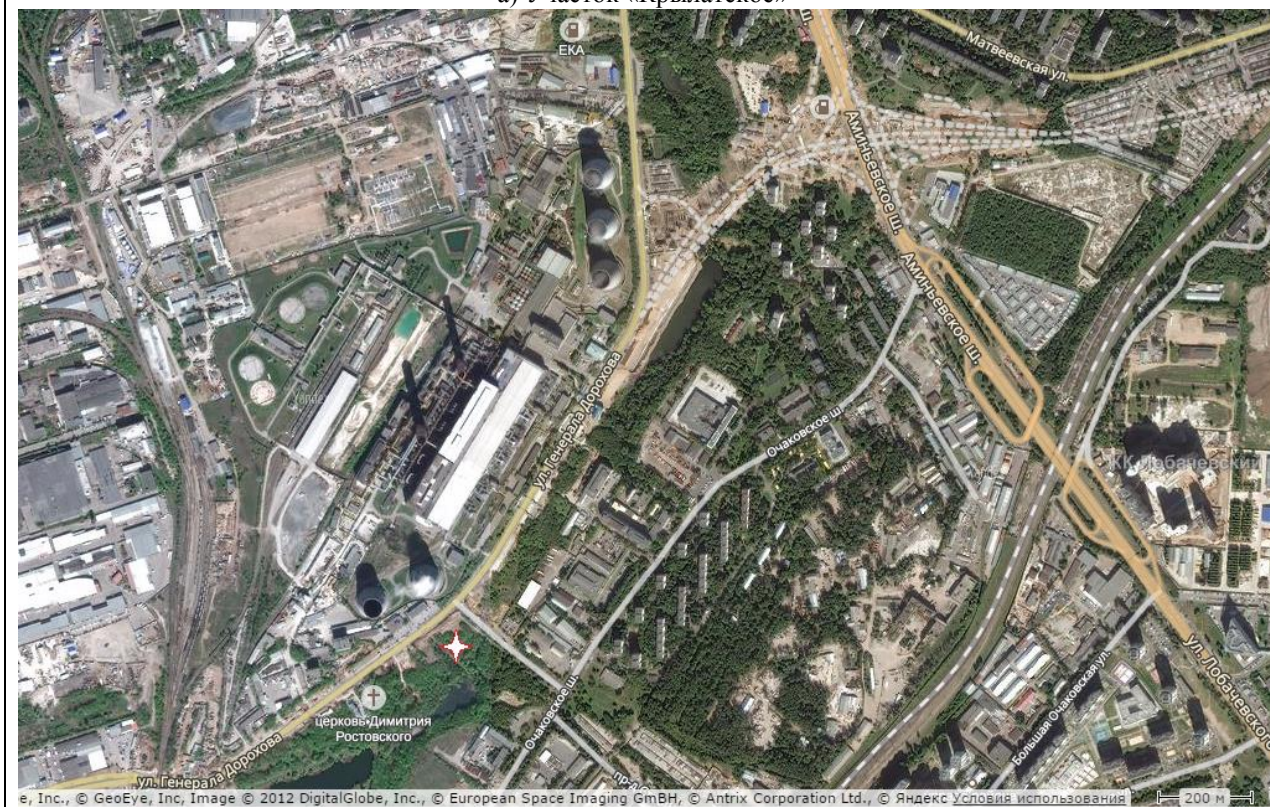
Горизонт и мощность, см	Описание разреза: гранулометрический состав, влажность, окраска, структура, плотность сложение, новообразование, включение, характер вскипания, характер перехода горизонтов, признаки заболоченности, засоленности, солонцеватости и прочие особенности
A(u), 0-10	свежий, окраска темно-буро-серая, грансостав средний суглинок, комковато-порошистая структура, обилие корней, включения камней и гальки; граница волнистая, переход заметный по окраске;
AB (U), 10-18	Свежий; окраска буровато-серая; средний суглинок; структура комковато-глыбистая, редкие корни; включения стекла и щебня; граница волнистая переход заметный по окраске и структуре;
U1, 18-27	Техногенный слой, сложенный щебнем, гравием, сцементированный глиной, граница ровная, переход заметный по структуре;
U2, 27-49-...	Свежий; на буровато-палево-охристом фоне сизые линзы глины, структура глыбистая; средний суглинок, плотный, включения камней и щебня

2.4.2. Характеристика непосредственных объектов, расположенных в Западном административном округе (ЗАО) города Москвы.

Участки Западного административного округа города Москвы располагались в следующих районах – Очаково-Матвеевское, Филевский парк и Крылатское (рис. 2.5). В соответствии со ст. 7 ЗК РФ территории изучаемых объектов относятся к землям промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, для обеспечения космической деятельности, землям обороны, безопасности и землям иного специального назначения и испытывают техногенную нагрузку от различных источников. Участок «Крылатское» в значительной степени подвержен влиянию атмосферных выбросов теплостанции «Крылатское» ОАО «МОЭК» и автотранспорта, «Очаково» – атмосферных выбросов теплоэлектроцентрали (ТЭЦ-25 ОАО «Мосэнерго») и автотранспорта, «Филевский парк» – атмосферных выбросов ФГУП «ГКНПЦ имени М. В. Хруничева» и автотранспорта.



а) Участок «Крылатское»



б) Участок «Очаково»



Рис. 2.5. Ситуационный план расположения участков в г. Подольске

Условные обозначения:

★ - площадка пробоотбора

Изучаемые участки характеризуются как достаточно окультуренные с общим проективным покрытием травянистого покрова 70-95%, различной степени захламленности твердыми коммунальными отходами (табл. 2.3).

Таблица 2.3 Характеристика изучаемых объектов в ЗАО г. Москвы.

Город	Местоположение участка/название участка	Координаты (геометрического центра участка)	Вид антропогенной нагрузки	Общая характеристика участка
Москва, ЗАО	район Крылатское, ул. Осенняя, д. 33, к. 3/ «Крылатское»	55°46'8.57"N 37°24'21.62"E	Тепловая электростанция, автотранспорт	Участок расположен в парковой зоне, газонная растительность, общее проективное покрытие 90-95%, окультуренный участок, точечные посадки клёна
	район Очаково-Матвеевское, ул. Генерала Дорохова, д.18, с. 1/ «Очаково»	55°41'26.97"N 37°26'40.74"E	Теплоэлектро-центральный, автотранспорт	Придорожная территория, газонная растительность с общим проективным покрытием 80-90%, захламленность ТБО и строительным мусором
	район Филевский парк, Филевский бульвар, 1Ж с. 3/ «Филевский парк»	55°45'46.22"N 37°30'0.37"E	промышленной предприятие, автотранспорт	Участок расположен в лесу на первой надпойменной террасе р. Москвы. Клен, береза, липа в древесной ярусе, рудеральная растительность. Общее проективное покрытие 70-80%. Захламленность строительным мусором.

Ранее проведенные исследования почвенного покрова на территории города Москвы (Гучок, 2009) позволяют выделить собственно урбаноземы и индустриземы на объектах, изучаемых в настоящей работе. Ниже приводятся описания морфологического строения профилей почв, приведенных в диссертационной работе Гучок М. В. для участков «Крылатское», «Очаково», «Филевский парк».

Разрез 2-1

Название объекта: «Крылатское»

Дата обследования: 16.06.05;

Привязка: 55°46'8.57" 37°24'21.62", в 150 м на Северо-Восток от строения, расположенного по адресу: г. Москва, ул. Осенняя, д. 33, к. 3;

Общий рельеф: Среднерусская возвышенность

Положение разреза относительно рельефа и экспозиция: I терраса р. Москвы.

Микрорельеф: выражены микроповышения и микропонижения антропогенного происхождения ($\pm 20-30$ см);

Угодье: придорожная территория;

Уровень почвенно-грунтовых вод: не вскрыт;

Материнская и подстилающая порода: песчаные отложения

Название почвы: Собственно урбанозем тяжелосуглинистый на техногенных отложениях;

Растительность: разнотравно-луговая (мятлик луговой, овсяница красная, Райграс многолетний) (ОПП 90-95%)



Горизонт и мощность, см	Описание разреза: гранулометрический состав, влажность, окраска, структура, плотность сложение, новообразование, включение, характер вскипания, характер перехода горизонтов, признаки заболоченности, засоленности, солонцеватости и прочие особенности
Ud, 0-20	свежий, окраска бурая, тяжелый суглинок, плотный, включения камней d 0,5-1 см, обилие корней, бесструктурный, граница ровная, переход заметный по окраске и сложению
U1, 20-60	Свежий; на буром фоне сизые и серые пятна оглеения, тяжелый суглинок, бесструктурный, включения камней d 0,5-1 см, углистые частицы, граница ровная, переход заметный по грансоставу, окраске и сложению
U2, 60-110	Влажноватый, окраска рыжевато-бурая, тяжелый опесчаненный суглинок, бесструктурный, железисто-марганцевые примазки, включения камней; нижняя часть горизонта с включениями строительного мусора, внизу канализационная плита

Разрез 2-2

Название объекта: «Очаково»

Дата обследования: 27.06.04;

Привязка: 55°41'26.97" 37°26'40.74", 80 м на Север от пересечения ул. Генерала Дорохова с перпендикулярной дорогой, 80 м на Запад от ТЭЦ на ул. Генерала Дорохова;

Общий рельеф: Среднерусская возвышенность.

Положение разреза относительно рельефа и экспозиция: техногенный приводораздельный склон р. Неверка;

Микрорельеф: выраженные техногенные западины ±50 см;

Угодье: территория СЗЗ вблизи ТЭЦ;

Уровень почвенно-грунтовых вод: не вскрыт;

Материнская подстилающая порода: сильно перемешанная со строительным мусором уплотненная попрада (вероятно ледникового происхождения, морена).

Название почвы: индустризем тяжелосуглинистый на техногенных отложениях;

Растительность: ива козья, люцерна, клевер, мятлик (ОПП 80-90%)



Горизонт и мощность, см	Описание разреза: гранулометрический состав, влажность, окраска, структура, плотность сложение, новообразование, включение, характер вскипания, характер перехода горизонтов, признаки заболоченности, засоленности, солонцеватости и прочие особенности
Слой 1(A1), 0-12	свежий, на буроватом темно-сером фоне бурые пятна, очень плотный, тяжелый суглинок, неясновыраженная глыбисто-комковатая структура, копролиты, корни, углистые частицы d 2-3 см, щебень, переход ясный по слабозатечной границе
Слой 2 (U), 12-44	Свежий; на рыжевато буром фоне большое количество желтых, тесно-серых пятен, опесчаненный тяжелый суглинок, очень плотный, неясновыраженная глыбисто-комковатая структура, галька, валуны d 5-15 см (кремнеземного, карбонатного, гранитного состава), включение битуминозных веществ, рубероида, смолы, переход заметный по цвету и волнистой границе
Слой 3 (U1), 44-78	Свежий, на серовато-буром фоне белесые пятна, менее уплотнен чем предыдущий, тяжелый суглинок, неясно выраженная комковато-ореховатая структура, большое количество известковых частиц белесого цвета d 5мм-2см, переход ясный по слабоволнистой границе
Слой 4 (U2), 78-90	По свойствам аналогичен Слой 2, отсутствие битуминозных веществ

Разрез 2-3

Название объекта: «Филевский парк»

Дата обследования: 20.07.04;

Привязка: 50 м на Юг от д. 27 по Новозаводской улице;

Общий рельеф: Среднерусская возвышенность.

Положение разреза относительно рельефа и экспозиция: ЮВ экспозиция водораздельного склона;

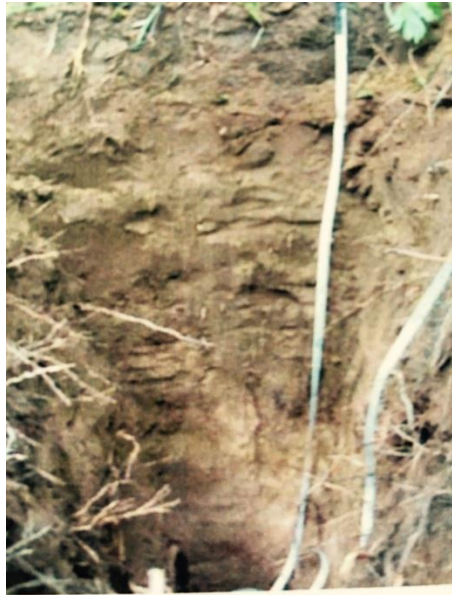
Микрорельеф: приствольные повышения и понижения;

Угодье: лесопарк;

мусором уплотненная попрада (вероятно ледникового происхождения, морена).

Название почвы: урбо-глубокодерново-подзолистая легкосуглинистая на флювиогляциальных отложениях;

Растительность: Липняк яснотковый



Горизонт и мощность, см	Описание разреза: гранулометрический состав, влажность, окраска, структура, плотность сложение, новообразование, включение, характер вскипания, характер перехода горизонтов, признаки заболоченности, засоленности, солонцеватости и прочие особенности
Ad, 0-9	Свежий, буровато-серого цвета, отбеленные зерна, мелкокомковато-порошистая структура, легкий суглинок, обилие корней, переход заметный по корням и волнистой границе.
A1, 9-16	Свежий, серовато-бурого цвета, легкий суглинок, отбеленные зерна, комковато-зернистая структура, рыхлый, корни, переход постепенный по окраске, плотности, волнистая граница.
A2B, 16-25	Влажноватый, серовато-бурая, опесчаненная супесь, призмовидно-ореховатая структура, много корней, гумусовые затеки, плотный, граница слабоволнистая, переход заметный по плотности и окраске.
B1, 25-60	Влажноватый, окраска желтовато-рыжевато-бурая, супесь, комковатая структура, гумусированные пленки по ходам корней, марганцевые пятна, гумусовые затеки, граница волнистая, переход постепенный.
B2, 60-85	Влажноватый, на рыжевато-белесые пятна мелкозернистого песка, сцементированный связный песок, бесструктурный, гумусовые затеки, редкие корни, граница ровная, переход заметный по окраске и структуре
BC, 85-120	влажный, неоднородные прослои связного песка и рыжевато-бурые прослойки песка сцементированного илистыми коллоидами, слоистость.

2.4.3. Пробоотбор почв на территории города Москвы и города Подольска Московской области.

Почвенные пробы отбирали в августе-сентябре 2013 г. из верхнего слоя 0-10 см, растительную подстилку в анализ не включали. Пробоотбор почв на территории каждого участка проводился по следующей схеме: намечалось два профиля на расстоянии 50 м друг от друга. На каждом профиле через 25 м закладывались площадки 1 м × 1 м, на которой почвенным буром голландской фирмы EIJKELKAMP по методу «конверта» отбиралось 5 индивидуальных проб одинакового объема, после чего они перемешивались, и готовилась одна

смешанная проба почвы. Таким образом, каждый участок разбивался на 10 ячеек квадратной формы 25 м х 25 м (общая площадь участка 6250 м²) (Рис. 2.6).

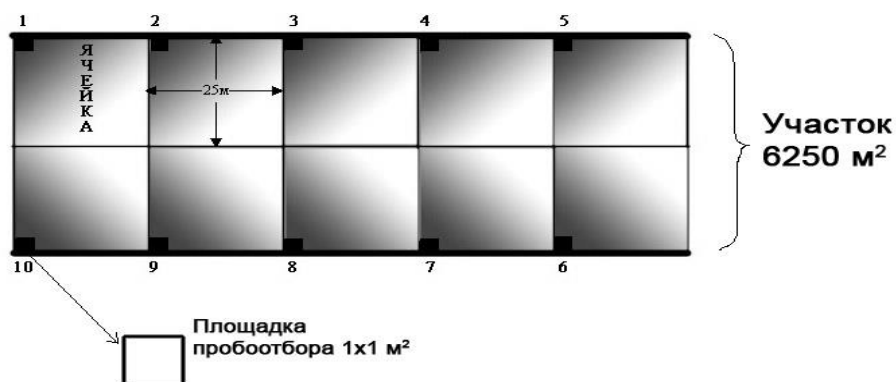


Рис. 2.6. Схема пробоотбора почв.

Общий вид изучаемых участков, на которых проводился отбор почвенных проб приведен на рисунках 2.7 – 2.12.



Рис. 2.7. Общий вид участка почвенного пробоотбора «Подольск-1»

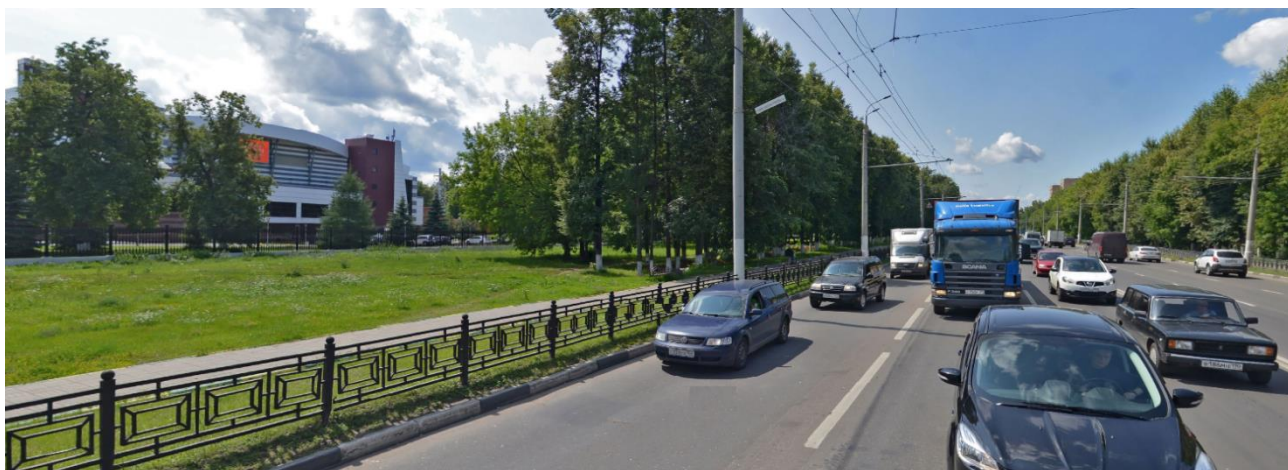


Рис. 2.8. Общий вид участка почвенного пробоотбора «Подольск-2»



Рис. 2.9. Общий вид участка почвенного пробоотбора «Подольск-3»

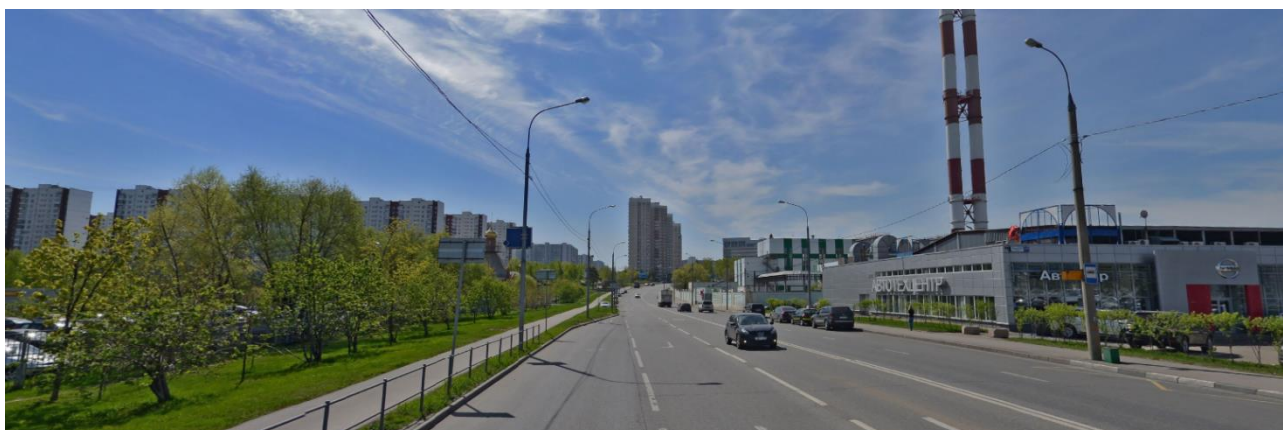


Рис. 2.10. Общий вид участка почвенного пробоотбора «Крылатское»

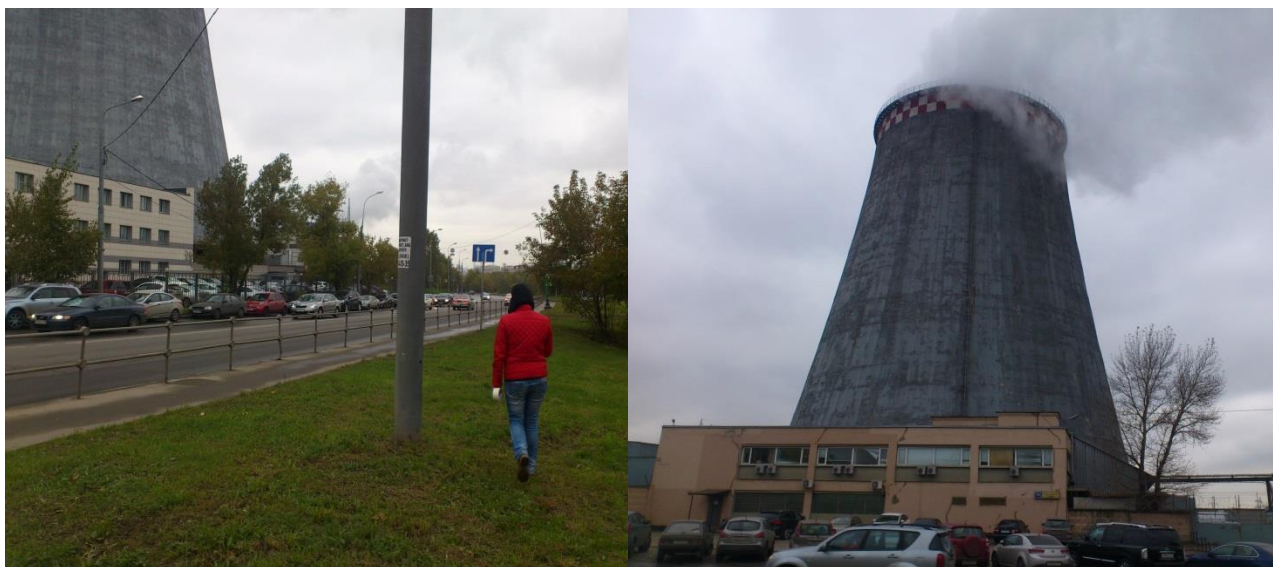


Рис. 2.11. Общий вид участка почвенного пробоотбора «Очаково»



Рис. 2.12. Общий вид участка почвенного пробоотбора «Филевский парк»

2.4.4. Пробоотбор снегового покрова на территории города Москвы и города Подольска Московской области.

В феврале 2015 г. на исследуемых территориях проводился отбор проб снега. Пробоотбор проводился по центральной линии вдоль исследуемого участка. На намеченном профиле через каждые 40 м закладывались площадки $1\text{ м} \times 1\text{ м}$, на которых пробы отбирались снегоотборниками с диаметром 10,3 см на всю мощность снежного покрова (рис. 2.13), при этом отмечалось количество частных проб на одной площадке и высота керна (таблица 2.4).

Таблица 2.4. Характеристика снежного покрова изучаемых объектов

Объект	Глубина снежного покрова, см	Количество шурфов, шт.
«Очаково»	15	3
	20	3
	25	3
«Филевский парк»	20	3
	20	3
	20	3
«Крылатское»	10	4
	10	4
	15	3
«Подольск – 1»	20	3
	10	4
	65	2
«Подольск – 2»	20	3
	20	3
	20	3
«Подольск – 3»	15	3
	15	3
	15	3

Таким образом, для каждого участка было выделено по 3 пробные площадки. Масса каждой смешанной пробы снега была не менее 1 кг (чтобы получить массу выпадений, достаточную для проведения анализа на содержание металлов). Знание даты отбора снега и даты установления устойчивого снежного покрова, или снегостава позволило определить время, за которое накопились в снегу атмосферные выпадения.

Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет) для зимы 2014-2015 гг. в Московском регионе период установления устойчивого снежного покрова определен с 20.10.14 по 06.04.15, т. е. 170 суток.



Рис. 2.13. Отбор проб снега на участке «Филевский парк»

2.5. Лабораторные методы исследования.

2.5.1. Лабораторные методы исследования почв.

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

Кроме того, все образцы были проанализированы в аккредитованной лаборатории на валовое содержание тяжелых металлов (Pb, Cd, Zn, Cu, Ni) с разложением проб в присутствии смеси хлористоводородной и азотной кислот в соотношении 1:3 («царская водка») в микроволновой печи Milestone Ethos D.

Определение проводилось на масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой Agilent ICP-MS 7500 (ФР.1.29.2006.02149).

Статистическая обработка результатов проводилась в программе Microsoft office Excel 2010 со статистической надстройкой «Пакет анализа».

2.5.2. Лабораторные методы исследования снегового покрова.

Химический анализ отобранных проб снега проводился в аккредитованной лаборатории.

Твердый остаток (осадок), выделенный при помощи фильтрования талой воды был проанализирован на валовое содержание тяжелых металлов (Pb, Cd, Zn, Cu, Ni) с разложением проб в присутствии смеси хлористоводородной и азотной кислот в соотношении 1:3 («царская водка») в микроволновой печи Milestone Ethos D. Определение проводилось на масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой Agilent ICP-MS 7500 (ФР.1.29.2006.02149).

Объем фильтрата – снеговой воды – был также проанализирован, и в нем определялись подвижные формы тяжелых металлов (Pb, Cd, Zn, Cu, Ni).

Статистическая обработка результатов проводилась в программе Microsoft office Excel 2010 со статистической надстройкой «Пакет анализа».

ГЛАВА 3.

ФИЗИЧЕСКИЕ, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИССЛЕДУЕМЫХ ПОЧВ ГОРОДА МОСКВЫ И ГОРОДА ПОДОЛЬСКА МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

3.1. Плотность почв.

Плотность верхних горизонтов изучаемых почв варьирует в широких пределах, что определяется хозяйственным назначением участков, уходом за ними, степенью антропогенного воздействия и постоянно растущей рекреационной нагрузкой.

В таблице 3.1 представлены результаты измерения плотности верхних горизонтов городских почв изучаемых участков.

Плотность почв объектов, расположенных в городе Подольске изменяется от $0,77 \text{ г/см}^3$ для участка «Подольск-1» до $1,91 \text{ г/см}^3$ для участка «Подольск-2». Средние значения не превышают $1,28 \text{ г/см}^3$, что соответствует средней степени уплотнения (переуплотненными считаются почвы, плотность сложения которых выше $1,2 \text{ г/см}^3$) (Смагин, Шоба, Макаров, 2008). Максимальные величины плотности (более $1,8\text{-}2 \text{ г/см}^3$) характерны для примыкающих к дороге участков (Экологические функции городских почв, 2004), о чем и свидетельствуют полученные данные.

Результаты определения плотности почв на участках, расположенных в ЗАО города Москвы демонстрируют схожие значения с плотностями почв участков города Подольска и варьируют в интервале от $0,97 \text{ г/см}^3$ для участка «Крылатское» до $1,78 \text{ г/см}^3$ для участка «Очаково», средние же значения не превышают $1,54 \text{ г/см}^3$, что соответствует средней степени уплотнения. Так же, следует отметить более высокие значения плотности на участке «Очаково» по сравнению с другими изучаемыми объектами, что косвенно подтверждает повышенную антропогенную нагрузку и интенсивный транспортный поток (рис. 3.1).

Таблица 3.1. Некоторые статистические характеристики плотности почв изучаемых почв Московского региона.

Показатель	Объект					
	«Подольск-1»	«Подольск-2»	«Подольск-3»	«Крылатское»	«Очаково»	«Филевский парк»
Объем выборки	6					
Среднее, г/см ³	1,28	1,10	1,11	1,21	1,54	1,36
Станд откл, г/см ³	0,33	0,30	0,19	0,16	0,14	0,20
Минимум, г/см ³	0,93	0,77	0,84	0,97	1,39	1,07
Медиана, г/см ³	1,21	1,11	1,15	1,23	1,52	1,36
Максимум, г/см ³	1,91	1,44	1,36	1,40	1,78	1,61

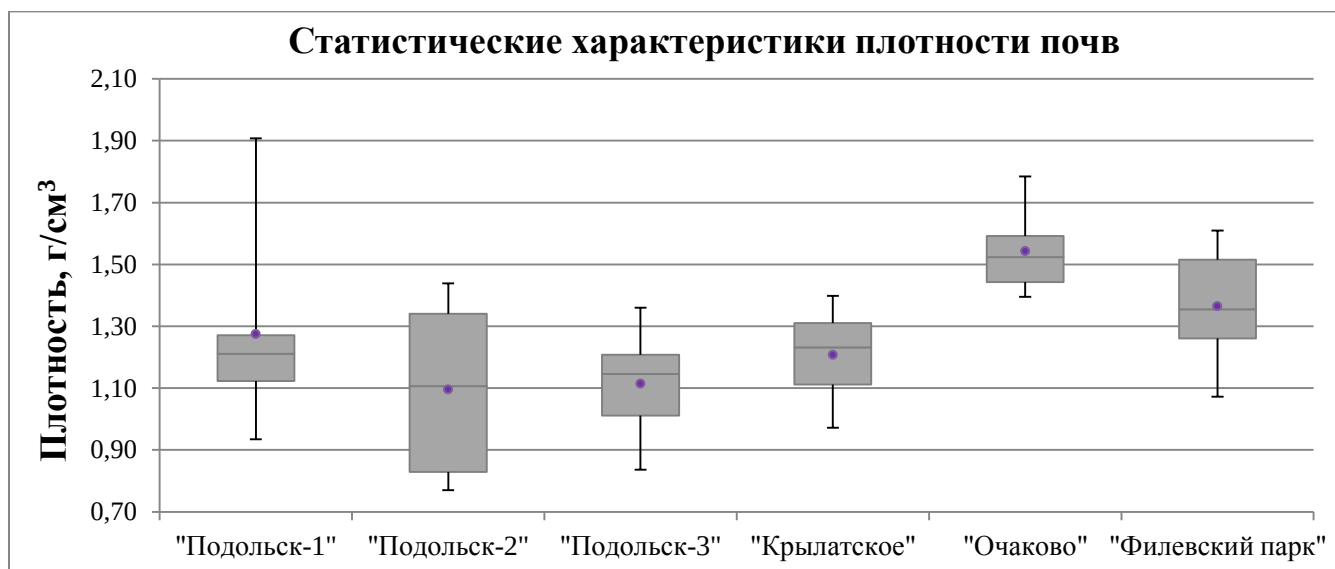


Рис. 3.1. Диаграмма распределения некоторых статистических характеристик плотности почв изучаемых объектов.

3.2. Общие физико-химические и химические свойства почв.

Значения показателей некоторых физико-химических и химических свойств почв изучаемых объектов Московского региона и результаты статистического анализа этих значений приведены в таблицах 3.2., 3.3., 3.4., 3.5.

3.2.1. Актуальная и обменная кислотность почв.

В целом, почвы и почвоподобные тела исследуемых объектов Московского региона характеризуются в основном нейтральной и слабощелочной реакцией среды (на территориях «Подольск-2», «Крылатское» обнаружено несколько пробных площадок со слабокислой реакцией), что является типичным для городских территорий.

Известно, что нейтральная и даже щелочная реакция среды характерны для городских почв, подверженных аэрогенному влиянию строительных материалов (цемент, известь, алебастр), противогололедных материалов, золы и т.д. Закономерного изменения значений водной и солевой кислотности почв, расположенных на различных объектах города Москвы и города Подольска не обнаруживается. Можно отметить, что почвы участков «Очаково» и «Филевский парк» характеризуются более выраженной слабощелочной реакцией среды по сравнению с участком «Крылатское», что может быть вызвано более высокой степенью рекреационной нагрузки.

3.2.2. Содержание органического углерода.

В целом содержание органического углерода в почвах исследуемых объектов невелико, существенно ниже нормативных показателей почвогрунтов, применяемых при проведении работ по благоустройству города Москвы (4-15%), и варьирует на территории участков в городе Подольске в пределах от 2,39% до 3,34%, а на территории участков в городе Москве - от 2,60% до 5,04%. Отмечается повышенное содержание органического вещества на участке «Крылатское» (до 6,50%) по отношению к другим объектам, что свидетельствует о применении более качественных почвогрунтов при благоустроительных работах (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Общий вид участка «Крылатское» в ЗАО г. Москвы.

3.2.3. Содержание подвижного (обменного) калия.

Обеспеченность подвижным (обменным) калием почв для всех исследуемых объектов Московского региона «очень высокая» (>25 мг/100г). При этом средние значения содержания обменного калия варьирует в пределах от 97,86 мг/100г до 185,33 мг/100г в почвах участков города Подольска, с максимальным значением 303,95 мг/100г в локальной ячейке участка «Подольск-2». Средние значения содержания обменного калия в почвах участков города Москвы находятся в диапазоне от 139,06 до 172,31 мг/100г. В целом, высокая концентрация калия может быть связана с применением антигололедных средств на территориях, находящихся в непосредственной близости от исследуемых участков, в составе которых содержатся калий.

3.2.4. Содержание подвижного фосфора.

В целом, почвы и почвоподобные тела исследуемых объектов характеризуются «очень высокой» степенью обеспеченности подвижным фосфором (минимальное значение 34,34 мг/100г для участка «Подольск-2» и максимальное значение 142,03 мг/100г для «Крылатское»). Присутствие повышенных концентраций фосфора в почвах также может быть вызвано использованием противогололедных материалов, промышленным загрязнением, воздействием бытового мусора и другими причинами.

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

Таблица 3.2. Некоторые физико-химические и химические свойства почв объектов города Подольска Московской области

Объект	Линия/ячейка пробоотбора	pH _{H2O} , ед.	pH _{KCl} , ед.	K ₂ O мг/100г почвы	P ₂ O ₅ мг/100г почвы	C _{орг} , %
«Подольск-1»	1-1	7,83	—*	69,6	23,4	2,09
	1-2	8,10	—	125,3	28,7	2,32
	1-3	7,64	—	87,1	26,6	2,26
	1-4	8,14	—	100,5	35,3	2,03
	1-5	7,19	—	83,6	15,2	2,44
	2-1	7,90	—	88,4	33,6	2,61
	2-2	7,51	6,87	107,5	26,9	2,78
	2-3	6,73	6,25	164,2	28,9	2,09
	2-4	7,58	6,65	125,2	15,6	2,38
	2-5	7,65	—	27,3	115,6	2,90
«Подольск-2»	1-1	7,16	6,40	205,2	31,3	3,71
	1-2	6,82	5,90	102,9	8,5	4,06
	1-3	5,99	5,90	161,8	58,4	3,19
	1-4	7,99	—	202,6	41,4	3,36
	1-5	7,09	6,36	147,7	16,9	3,65
	2-1	7,76	—	205,7	45,1	2,90
	2-2	6,10	5,25	198,4	29,0	2,78
	2-3	7,93	—	304,0	74,3	3,60
	2-4	6,86	6,14	188,2	24,3	3,07
	2-5	7,40	6,80	137,1	14,3	3,02
«Подольск-3»	1-1	7,71	—	209,4	46,1	2,61
	1-2	7,80	—	156,2	54,8	2,78
	1-3	7,60	—	150,3	63,4	2,38
	1-4	7,55	—	156,8	40,7	3,07
	1-5	7,83	—	133,6	40,0	2,55
	2-1	6,92	6,06	209,6	33,2	3,23
	2-2	7,70	—	176,2	67,4	2,55
	2-3	7,58	—	266,4	64,3	2,23
	2-4	7,52	6,77	224,4	40,2	3,54
	2-5	7,29	6,25	122,2	45,3	3,02

* Примечание: — определение не проводилось

Таблица 3.3. Некоторые физико-химические и химические свойства почв объектов ЗАО города Москвы

Объект	Линия/ячейка пробоотбора	pH _{H2O} , ед.	pH _{KCl} , ед.	K ₂ O, мг/100г почвы	P ₂ O ₅ , мг/100г почвы	C _{орг} , %
«Крылатское»	1-1	7,20	—*	162,2	137,4	6,50
	1-2	6,70	6,38	204,2	199,0	5,70
	1-3	7,09	6,43	247,9	166,5	6,00
	1-4	6,62	6,45	110,0	102,0	5,70
	1-5	7,07	6,80	176,1	203,2	4,30
	2-1	6,75	5,93	114,1	87,1	6,00
	2-2	6,32	5,53	191,1	121,8	3,10
	2-3	7,78	6,03	200,4	216,6	3,60
	2-4	6,11	5,54	149,2	33,8	5,50
	2-5	6,67	6,61	168,0	153,1	4,00
«Очаково»	1-1	7,80	—	110,2	105,6	2,32
	1-2	7,74	—	201,1	77,3	3,36
	1-3	7,54	—	140,9	42,7	2,26
	1-4	8,03	—	204,9	106,9	2,15
	1-5	7,76	—	176,4	54,3	2,96
	2-1	7,94	—	76,3	33,1	4,12
	2-2	7,64	—	241,5	79,7	3,31
	2-3	7,56	—	220,3	107,6	2,84
	2-4	7,77	—	108,3	45,5	2,84
	2-5	7,90	—	208,9	80,3	3,60
«Филевский парк»	1-1	7,78	—	130,0	113,8	2,67
	1-2	7,76	—	81,8	49,0	2,90
	1-3	6,97	—	71,0	105,6	1,91
	1-4	7,93	—	135,9	77,2	3,07
	1-5	8,12	—	75,3	85,4	2,84
	2-1	7,89	—	146,3	66,2	2,84
	2-2	7,60	—	117,8	169,0	2,03
	2-3	7,64	—	266,8	70,1	1,39
	2-4	7,67	—	105,8	51,5	3,48
	2-5	8,00	—	260,1	159,8	2,90

* Примечание: — определение не проводилось

Таблица 3.4. Статистические характеристики показателей физико-химических и химических свойств в почвах объектов города Подольска

Характеристика	pH _{H2O} , ед.	pH _{KCl} , ед.	K ₂ O, мг/100г почвы	P ₂ O ₅ , мг/100г почвы	C _{орг} , %
«Подольск-1»					
Объем выборки	10				
min	6,73	—*	27,32	15,24	2,03
max	8,14	—	164,20	115,62	2,90
среднее	7,63	—	97,86	35,00	2,39
стандартное откл.	0,42	—	36,79	29,09	0,30
ошибка среднего	0,13	—	11,63	9,20	0,09
дисперсия	0,18	—	1353,65	846,18	0,09
«Подольск-2»					
Объем выборки	10				
min	5,99	—	102,85	8,46	2,78
max	7,99	—	303,95	74,30	4,06
среднее	7,11	—	185,33	34,34	3,34
стандартное откл.	0,70	—	54,22	20,70	0,41
ошибка среднего	0,22	—	17,15	6,54	0,13
дисперсия	0,49	—	2939,59	428,29	0,17
«Подольск-3»					
Объем выборки	10				
min	6,92	—	122,20	33,22	2,23
max	7,83	—	266,35	67,35	3,54
среднее	7,55	—	180,49	49,53	2,80
стандартное откл.	0,27	—	45,54	12,04	0,41
ошибка среднего	0,09	—	14,40	3,81	0,13
дисперсия	0,07	—	2073,69	145,01	0,17

* Примечание: — определение не проводилось

Таблица 3.5. Статистические характеристики показателей физико-химических и химических свойств в почвах объектов ЗАО города Москвы

Характеристика	pH _{H2O} , ед.	pH _{KCl} , ед.	K ₂ O, мг/100г почвы	P ₂ O ₅ , мг/100г почвы	C _{орг} , %
«Крылатское»					
Объем выборки	10				
min	6,11	5,53	110,00	33,76	3,10
max	7,78	7,00	247,90	216,60	6,50
среднее	6,83	6,27	172,31	142,03	5,04
стандартное откл.	0,48	0,50	41,91	57,78	1,18
ошибка среднего	0,15	0,16	13,25	18,27	0,37
дисперсия	0,23	0,25	1756,60	3338,80	1,39
«Очаково»					
Объем выборки	10				
min	7,54	—*	76,25	33,14	2,15
max	8,03	—	241,50	107,55	4,12
среднее	7,77	—	168,85	73,29	2,98
стандартное откл.	0,16	—	56,14	28,15	0,63
ошибка среднего	0,05	—	17,75	8,90	0,20
дисперсия	0,03	—	3152,22	792,61	0,40
«Филевский парк»					
Объем выборки	10				
min	6,97	—	71,00	49,02	1,39
max	8,12	—	266,75	168,95	3,48
среднее	7,74	—	139,06	94,75	2,60
стандартное откл.	0,32	—	70,43	42,17	0,63
ошибка среднего	0,10	—	22,27	13,33	0,20
дисперсия	0,10	—	4959,96	1778,06	0,40

* Примечание: — определение не проводилось

3.3. Содержание загрязняющих веществ в почвах.

В качестве величин предельно допустимого содержания загрязняющих веществ в почвах, уровней загрязнения использовали значения, приведенные в федеральных нормативно-методических документах («Порядок определения размера ущерба от загрязнения земель химическими веществами», 1996) – табл. 3.6. Кроме того, при интерпретации полученных результатов учитывали различную токсичность (опасность) в почвах исследуемых загрязняющих веществ (табл. 3.7).

Таблица. 3.6. Показатели уровня загрязнения почв химическими веществами

Элемент, соединение	ПДК, мг/кг	Содержание (мг/кг), соответствующее уровню загрязнения				
		1 уровень «Допустимый»	2 уровень «Низкий»	3 уровень «Средний»	4 уровень «Высокий»	5 уровень «Очень высокий»
Кадмий (Cd)	0,5	< 0,5	от 0,5 до 3	от 3 до 5	от 5 до 20	> 20
Свинец (Pb)	32	< 32	от 32 до 125	от 125 до 250	от 250 до 600	> 600
Цинк (Zn)	55	< 55	от 55 до 500	от 500 до 1500	от 1500 до 3000	> 3000
Медь (Cu)	33	< 33	от 33 до 200	от 200 до 300	от 300 до 500	> 500

Таблица. 3.7. Отнесение химических веществ, попадающих в почву из выбросов, сбросов, отходов, к классам опасности (ГОСТу 17.4.1.02-83 «Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения», Госстандарт СССР, М., 1983)

Класс опасности	Химическое вещество
I	Мышьяк, кадмий, ртуть, свинец, селен, цинк, фтор, бенз(а)пирен
II	Бор, кобальт, никель, молибден, медь, сурьма, хром
III	Барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций, ацетофенон

3.3.1. Содержание валовых форм тяжелых металлов в почвах города Подольска.

Результаты измерения содержания загрязняющих веществ в почвах участков, расположенных в городе Подольске представлены в табл. 3.8, 3.9 и на рис. 3.3, 3.4, 3.5, 3.6.

Средние значения содержания валовых форм меди в изучаемых почвах варьируют в пределах от 27,82 до 70,07 мг/кг, что соответствует «Допустимому» и «Низкому» уровням загрязнения почв соответственно. Однако обращает на себя внимание локальное загрязнение почв медью в пределах одного исследуемого участка. Так для участка «Подольск-1» среднее значение содержания меди составляет 27,82 мг/кг, а в двух локальных ячейках – 45,90 и 50,24 мг/кг, что соответствует «Низкому» уровню загрязнения. Схожая ситуация отмечается и на участках «Подольск-2» и «Подольск-3», где содержание меди достигало 353,73 и 377,67 мг/кг, что соответствует «Высокому» уровню загрязнения почв. Столь высокая контрастность концентраций вполне характерна для городских почв в пределах одного исследуемого участка, подверженного различным видам антропогенного воздействия (аэрогенное загрязнение, формирование почвенного тела с использованием загрязненных почвогрунтов и грунтов и т.д.) и отличающегося контрастностью техногенных свойств (Смагин, Шоба, Макаров, 2008).

Содержание валовых форм цинка колеблется в интервале от 77,24 до 130,03 мг/кг, что соответствует «Низкому» уровню загрязнения. Так же отмечается высокая вариабельность содержания металла в границах одного участка.

Средние концентрации валовых форм кадмия не превышают установленных нормативных значений. Однако, отмечается повышенное содержание элемента в границах участка «Подольск-3» с локальными содержаниями 0,51 и 0,84 мг/кг, что соответствует «Низкому» уровню загрязнения почв, и может быть обусловлено влиянием железнодорожного транспорта.

Уровень загрязнения почв свинцом соответствует «Низкому» уровню для всех объектов, средние концентрации варьируют от 42,44 до 57,66 мг/кг. Обращает на себя повышенное содержание валовых форм металла на участке, находящемся вблизи автодороги с высокой транспортной нагрузкой («Подольск-2»), где концентрация в пределах локальной ячейки могла достигать 389,22 мг/кг («Высокий» уровень загрязнения).

Таблица 3.8. Содержание валовых форм тяжелых металлов в почвах объектов города Подольска.

Объект	Линия/ячейка пробоотбора	Тяжелые металлы, мг/кг			
		Медь (Cu)	Цинк (Zn)	Кадмий (Cd)	Свинец (Pb)
«Подольск-1»	1-1	21,84	76,96	0,22	17,75
	1-2	25,69	277,61	0,27	29,88
	1-3	45,90	240,56	0,31	92,97
	1-4	22,06	87,56	0,17	75,22
	1-5	12,12	40,89	0,14	12,99
	2-1	19,66	55,47	0,14	19,88
	2-2	50,24	143,38	0,43	73,00
	2-3	26,41	79,23	0,33	40,11
	2-4	23,83	76,64	0,41	43,80
	2-5	30,42	104,30	0,30	30,25
«Подольск-2»	1-1	39,33	101,23	0,32	16,33
	1-2	65,08	96,94	0,30	31,21
	1-3	353,73	84,46	0,22	20,53
	1-4	34,78	79,56	0,21	24,87
	1-5	33,68	85,01	0,19	25,70
	2-1	17,43	68,97	0,25	16,61
	2-2	23,35	65,24	0,23	23,53
	2-3	35,81	84,54	0,26	389,22
	2-4	19,35	58,22	0,18	16,03
	2-5	17,69	48,19	0,22	12,62
«Подольск-3»	1-1	30,79	79,28	0,33	23,28
	1-2	25,96	74,53	0,13	18,10
	1-3	45,30	159,91	0,51	37,30
	1-4	377,67	240,34	0,46	70,00
	1-5	40,76	120,67	0,40	32,42
	2-1	37,30	113,07	0,54	52,44
	2-2	44,74	97,05	0,84	37,15
	2-3	36,27	265,73	0,34	57,63
	2-4	41,09	93,02	0,33	79,28
	2-5	20,84	56,67	0,22	16,80

Таблица 3.9. Статистические характеристики содержания валовых форм тяжелых металлов в почвах объектов города Подольска.

Характеристика	Тяжелые металлы, мг/кг			
	Медь (Cu)	Цинк (Zn)	Кадмий (Cd)	Свинец (Pb)
«Подольск-1»				
Объем выборки	10			
min	12,12	40,89	0,14	12,99
max	50,24	277,61	0,43	92,97
среднее	27,82	118,26	0,27	43,59
стандартное откл.	11,74	79,59	0,10	27,58
ошибка среднего	3,71	25,17	0,03	8,72
дисперсия	137,89	6334,42	0,01	760,93
«Подольск-2»				
Объем выборки	10			
min	17,43	48,19	0,18	12,62
max	353,73	101,23	0,32	389,22
среднее	64,02	77,24	0,24	57,66
стандартное откл.	102,78	16,84	0,05	116,63
ошибка среднего	32,50	5,33	0,01	36,88
дисперсия	10564,48	283,70	0,00	13603,18
«Подольск-3»				
Объем выборки	10			
min	20,84	56,67	0,13	16,80
max	377,67	265,73	0,84	79,28
среднее	70,07	130,03	0,41	42,44
стандартное откл.	108,37	70,98	0,20	21,65
ошибка среднего	34,27	22,45	0,06	6,85
дисперсия	11744,75	5038,13	0,04	468,78

3.3.2. Содержание валовых форм тяжелых металлов в почвах ЗАО города Москвы.

Результаты измерения содержания загрязняющих веществ в почвах участков, расположенных в ЗАО города Москвы представлены в табл. 3.10, 3.11 и на рис. 3.3, 3.4, 3.5, 3.6.

Содержание тяжелых металлов в почвах ЗАО города Москвы демонстрирует контрастность в пределах одного участка.

Так, содержание меди по средним значениям не превышает «Низкого» уровня загрязнения, тогда как в отдельно взятых ячейках результаты определения концентрации валовой формы меди составляли 4174,95 и 507,44 мг/кг («Очень высокий» уровень) для «Очаково» и «Филевский парк» соответственно.

Среднее содержание цинка соответствует «Низкому» уровню загрязнения и варьирует в пределах от 100,85 до 241,16 мг/кг, однако значение ячейки 2-3

«Очаково» с содержанием элемента 1282,51 мг/кг соответствует «Среднему» уровню загрязнения.

Содержание кадмия варьирует от 0,43 мг/кг до 0,91 мг/кг. Отмечается «Низкий» уровень загрязнения почв тяжелым металлом на участках «Крылатское» и «Филевский парк».

Средние значения загрязнения почв свинцом так же не превышают «Низкого» уровня загрязнения, но, как и в предыдущих случаях отмечается высокая вариабельность концентраций, когда уровень загрязнения может достигать «Среднего» уровня загрязнения.

Таблица 3.10. Содержание валовых форм тяжелых металлов в почвах объектов ЗАО города Москвы.

Объект	Линия/ячейка пробоотбора	Тяжелые металлы, мг/кг			
		Медь (Cu)	Цинк (Zn)	Кадмий (Cd)	Свинец (Pb)
«Крылатское»	1-1	26,44	100,42	0,52	14,56
	1-2	21,74	74,93	0,33	15,75
	1-3	21,18	79,00	0,31	15,03
	1-4	19,56	66,52	0,32	12,53
	1-5	80,02	279,51	4,26	26,19
	2-1	21,06	86,04	0,28	12,01
	2-2	21,22	81,20	0,30	13,48
	2-3	28,45	129,55	0,37	53,32
	2-4	19,91	63,29	0,19	16,80
	2-5	15,74	48,00	0,14	9,38
«Очаково»	1-1	24,55	98,64	0,18	12,64
	1-2	38,37	73,39	0,18	14,21
	1-3	18,00	47,54	0,19	10,21
	1-4	22,23	66,83	0,16	16,40
	1-5	20,97	62,24	0,13	20,05
	2-1	33,24	79,71	0,20	19,51
	2-2	26,11	75,82	0,24	19,89
	2-3	4174,95	1282,51	2,68	154,45
	2-4	19,85	64,68	0,11	10,54
	2-5	19,24	75,85	0,23	11,85
«Филевский парк»	1-1	44,67	219,37	1,42	56,78
	1-2	27,56	129,35	0,67	50,61
	1-3	29,98	240,04	0,70	35,84
	1-4	45,85	631,36	1,74	60,26
	1-5	23,97	200,88	0,77	32,51
	2-1	507,44	232,88	1,28	44,54
	2-2	40,76	126,93	0,41	42,09
	2-3	64,01	427,66	1,41	134,77
	2-4	27,25	93,75	0,26	23,07
	2-5	31,98	109,42	0,44	42,00

Таблица 3.11. Статистические характеристики содержания валовых форм тяжелых металлов в почвах объектов ЗАО города Москвы.

Характеристика	Тяжелые металлы, мг/кг			
	Медь (Cu)	Цинк (Zn)	Кадмий (Cd)	Свинец (Pb)
«Крылатское»				
Объем выборки	10			
min	15,74	48,00	0,14	9,38
max	80,02	279,51	4,26	53,32
среднее	27,53	100,85	0,70	18,91
стандартное откл.	18,78	66,57	1,25	12,88
ошибка среднего	5,94	21,05	0,40	4,07
дисперсия	352,60	4431,27	1,57	165,98
«Очаково»				
Объем выборки	10			
min	18,00	47,54	0,11	10,21
max	4174,95	1282,51	2,68	154,45
среднее	439,75	192,72	0,43	28,98
стандартное откл.	1312,43	383,14	0,79	44,25
ошибка среднего	415,03	121,16	0,25	13,99
дисперсия	1722472,85	146795,62	0,62	1958,18
«Филевский парк»				
Объем выборки	10			
min	23,97	93,75	0,26	23,07
max	507,44	631,36	1,74	134,77
среднее	84,35	241,16	0,91	52,25
стандартное откл.	149,15	167,94	0,51	31,05
ошибка среднего	47,16	53,11	0,16	9,82
дисперсия	22244,66	28204,92	0,26	963,88

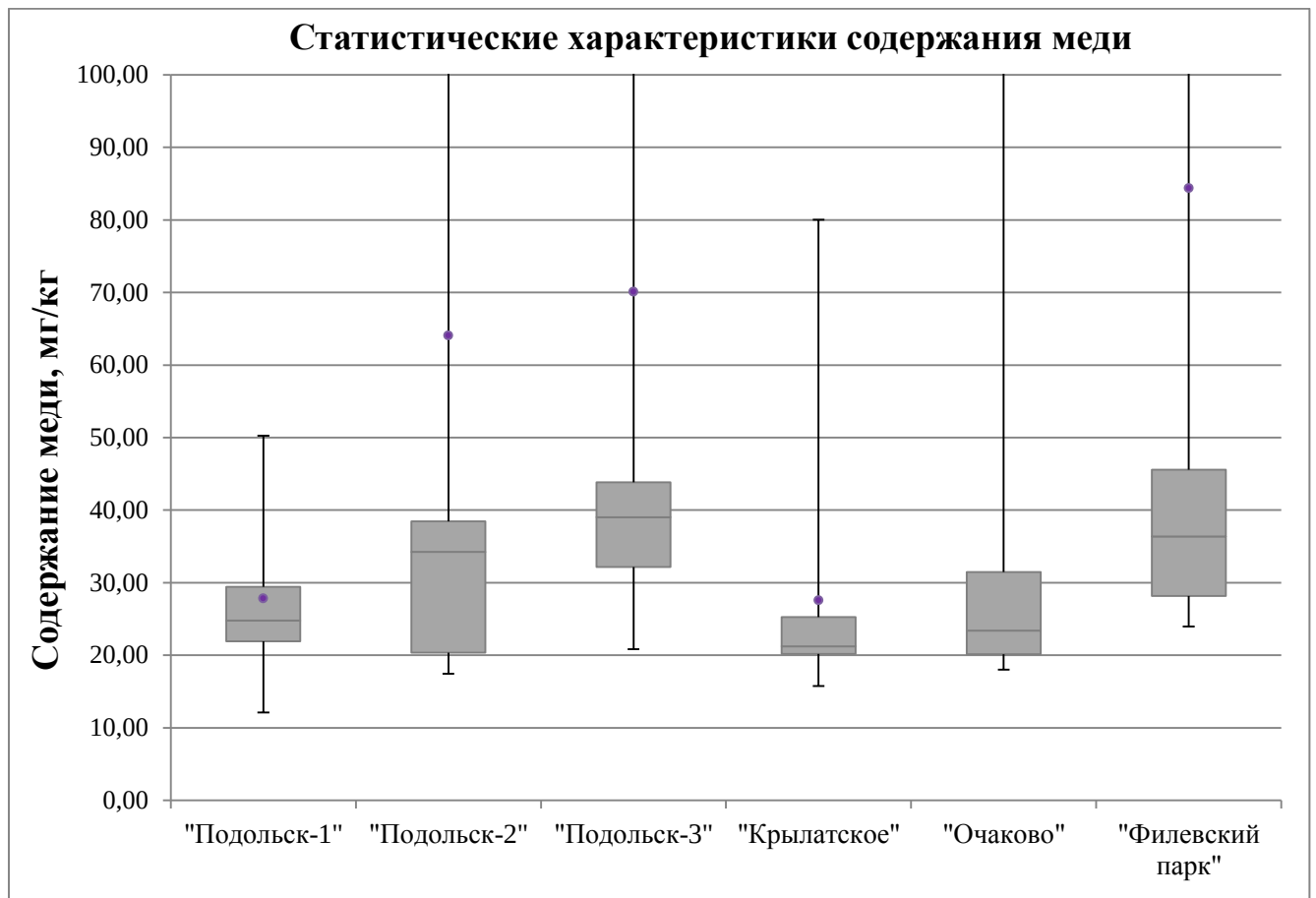


Рис. 3.3. Диаграмма распределения статистических характеристик содержания меди в изучаемых почвах.

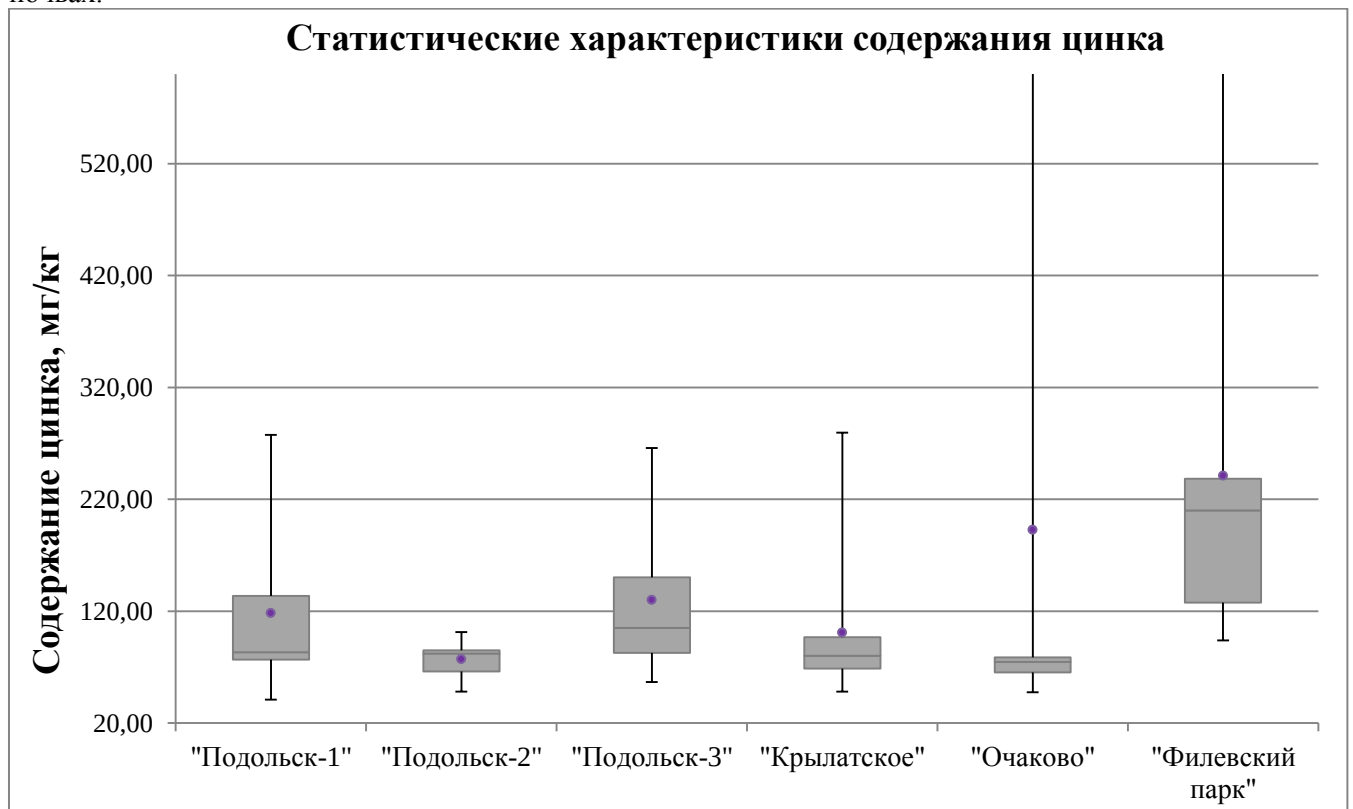


Рис. 3.4. Диаграмма распределения статистических характеристик содержания цинка в изучаемых почвах.



Рис. 3.5. Диаграмма распределения статистических характеристик содержания кадмия в изучаемых почвах.



Рис. 3.6. Диаграмма распределения статистических характеристик содержания свинца в изучаемых почвах.

По средним значениям содержания валовых форм тяжелых металлов были рассчитаны уровни загрязнения почв (рис. 3.7).

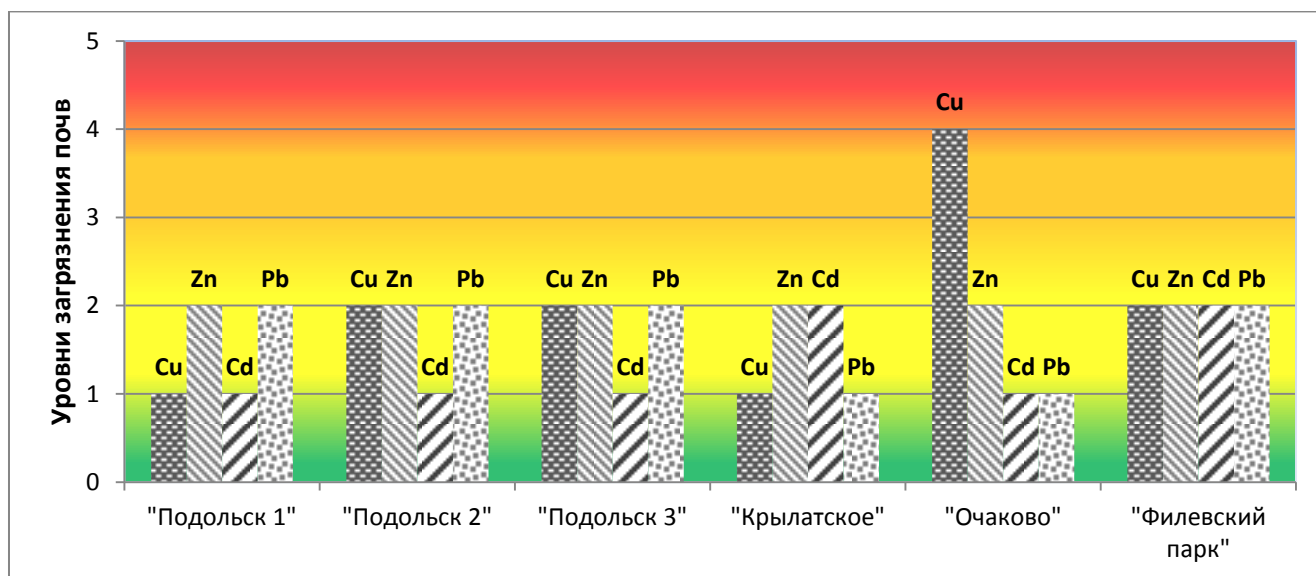


Рис. 3.7. Уровни загрязнения почв, рассчитанные по средним значениям содержания тяжелых металлов («Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель», 1996)

Представленные результаты измерения содержания тяжелых металлов в исследуемых почвах г. Подольска и г. Москвы выявляют их повышенные (более ПДК) концентрации для каждого локального участка. Обращает на себя внимание значительное варьирование содержания токсикантов в пределах одного участка, что следует признать достаточно характерным признаком городских почв, подверженных различным видам антропогенного воздействия (аэрогенное загрязнение, формирование почвенного тела с использованием загрязненных почвогрунтов и грунтов и т.д.) и отличающихся контрастностью техногенных свойств. Так, содержание меди в почвах локального участка «Очаково» варьирует от 18,00 мг/кг (что практически в 2 раза ниже ПДК и соответствует «Допустимому» уровню загрязнения) до 4174,95 мг/кг («Очень высокий» уровень загрязнения).

Сравнение загрязненности почв различных участков между собой свидетельствует о несколько более благоприятной экологической обстановке на участках «Подольск- 1» и «Крылатское»: здесь относительно незначительные превышения ПДК, рассчитанные по средним показателям, отмечаются для 2-х из 4-х исследуемых тяжелых металлов.

ГЛАВА 4.

ПРОГНОЗ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ИССЛЕДУЕМЫХ УЧАСТКОВ ПРИ ПОМОЩИ БАЛАНСОВОГО ПОДХОДА.

4.1. Структура балансовой модели загрязнения почв тяжелыми металлами.

В оценке и прогнозировании загрязнения локальных экосистем химическими элементами возможно применение балансовой модели, позволяющей описать динамику отдельных геохимических показателей в некотором объеме природной среды, определяя связь между скоростями изменения миграционных потоков в пространстве и скоростями изменения состояния системы во времени (Кошелева, 1997).

Стандартным способом оценки количества загрязнителей, поступивших с атмосферными выпадениями, является обработка данных снеговой съемки, позволяющая рассчитать интенсивности выпадений загрязняющих веществ (Василенко, Назаров, Фридман, 1985; Viskari, Rekilä, Roy S etc., 1997).

В основе проводимых расчетов лежат представления о структурной балансовой модели в ландшафте (рис. 4.1).

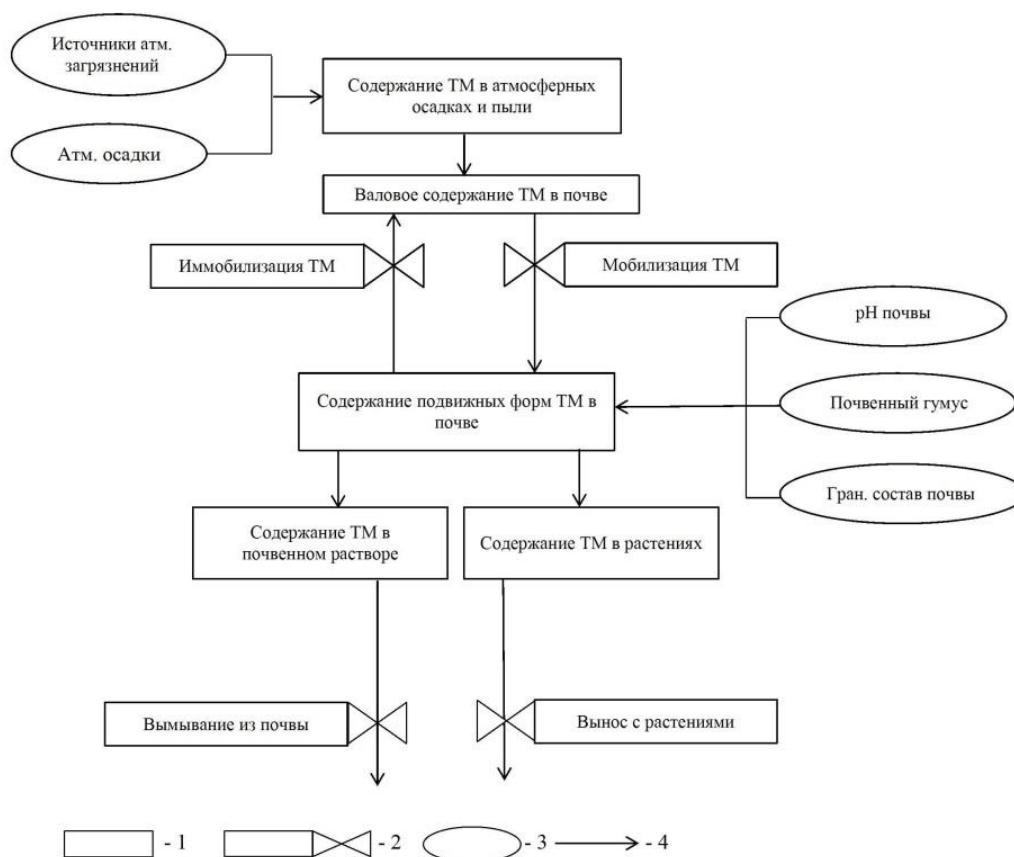


Рис. 4.1. Структура балансовой модели тяжелых металлов в ландшафте:
 1 – переменные состояния; 2 – процессы; 3 – внешние факторы; 4 – потоки ТМ (по Кошелева, 1997 с авторскими изменениями).

4.2. Результаты исследований снегового покрова.

Как отмечалось ранее, в феврале 2015 г. на исследуемых территориях проводился отбор проб снегового покрова. Далее, по общепринятым методикам в аккредитованной лаборатории осуществлялась пробоподготовка и непосредственный анализ жидкой и твердой фаз снега – талой воды и осевшей пыли. Результаты определения взвешенных и растворенных форм тяжелых металлов в исследуемых пробах снега приведены в таблицах 4.1 и 4.2 соответственно.

Таблица 4.1. Содержание взвешенных форм тяжелых металлов в снеге

Объект	Масса пыли, г	Характеристика	Взвешенные формы ТМ, мг/кг			
			Cu	Zn	Cd	Pb
«Подольск 1»	0,24	Среднее, мг/кг	172,77	712,06	2,73	86,92
		min, мг/кг	33,40	52,76	0,16	7,95
		max, мг/кг	259,91	1098,50	6,27	129,25
«Подольск 2»	0,05	Среднее, мг/кг	846,66	2715,49	4,28	182,35
		min, мг/кг	382,45	699,80	2,34	66,73
		max, мг/кг	1229,02	5496,04	6,39	284,17
«Подольск 3»	0,06	Среднее, мг/кг	1078,04	1825,83	6,25	217,24
		min, мг/кг	213,71	206,53	0,62	25,52
		max, мг/кг	213,71	206,53	13,16	25,52
«Крылатское»	0,25	Среднее, мг/кг	60,06	196,13	0,57	16,06
		min, мг/кг	21,97	76,54	0,27	7,26
		max, мг/кг	116,23	402,72	1,01	31,00
«Очаково»	0,39	Среднее, мг/кг	76,09	187,59	0,42	29,79
		min, мг/кг	45,99	157,10	0,33	5,36
		max, мг/кг	113,55	225,88	0,48	58,63
«Филевский бульвар»	0,36	Среднее, мг/кг	30,33	108,35	0,25	7,56
		min, мг/кг	17,69	54,35	0,15	3,56
		max, мг/кг	41,47	148,40	0,39	10,48

Таблица 4.2. Содержание растворенных форм тяжелых металлов в снеговой воде

Объект	Объем талой воды, л	Характеристика	Растворенные формы ТМ, мг/кг			
			Cu	Zn	Cd	Pb
«Подольск 1»	2,83	Среднее, мг/кг	0,002118	0,016387	0,000132	0,000057317
		min, мг/кг	0,000918	0,003572	0,000036	0,000000000
		max, мг/кг	0,003856	0,031000	0,000291	0,000157400
«Подольск 2»	2,12	Среднее, мг/кг	0,005285	0,045866	0,000047	0,000001378
		min, мг/кг	0,002750	0,003628	0,000030	0,000000000
		max, мг/кг	0,010300	0,118600	0,000064	0,000004134
«Подольск 3»	2,06	Среднее, мг/кг	0,005549	0,023502	0,000067	0,000000000
		min, мг/кг	0,003795	0,006595	0,000051	0,000000000
		max, мг/кг	0,006630	0,038560	0,000084	0,000000000
«Крылатское»	1,72	Среднее, мг/кг	0,002664	0,017637	0,000111	0,000030880
		min, мг/кг	0,001586	0,005010	0,000068	0,000000000
		max, мг/кг	0,004427	0,034450	0,000140	0,000092640
«Очаково»	1,81	Среднее, мг/кг	0,003112	0,005830	0,000048	0,000021777
		min, мг/кг	0,001490	0,000238	0,000038	0,000000000
		max, мг/кг	0,005549	0,016990	0,000064	0,000054770
«Филевский бульвар»	1,49	Среднее, мг/кг	0,003724	0,030177	0,000055	0,000000000
		min, мг/кг	0,002873	0,026990	0,000010	0,000000000
		max, мг/кг	0,004496	0,032170	0,000097	0,000000000

Полученные результаты лабораторного анализа позволяют перейти непосредственно к расчету накапливаемых запасов тяжелых металлов в почве.

4.3. Прогноз загрязнения почв тяжелыми металлами.

Расчеты запасов тяжелых металлов в почвах, основанные на оценке пылевых выпадений, характеризуют аккумуляцию загрязнителей в верхнем горизонте почв, непосредственно контактирующем с приземным слоем атмосферы.

Изменения запасов тяжелых металлов в почвах ΔQ_{TM} определяется формулой (4.1):

$$\Delta Q_{TM} = (1 - f^{BVB}) * (Q^{BVB}_{TM} - C_{\phi} * Q^{\Pi}) + (1 - f^P) * Q^P_{TM}, \quad (4.1)$$

где Q^{BVB}_{TM} – поступление тяжелых металлов с пылевыми выпадениями количеством Q^{Π} на площадь почв; C_{ϕ} – фоновые содержания металлов в почвах; Q^P_{TM} – поступление растворенных форм тяжелых металлов с выпадениями; f^{BVB} – коэффициент, характеризующий потери для почв взвешенных форм металлов (при выносе с поверхностным стоком); f^P – коэффициент, характеризующий потери для

почв растворенных форм тяжелых металлов (при выносе с поверхностным и внутрипочвенным стоком).

В качестве величин фоновое содержания тяжелых металлов, были выбраны региональные сведения о содержании загрязняющих веществ в дерново-подзолистых песчаных и супесчаных почвах (табл. 4.3).

Таблица 4.3. Фоновые содержания валовых форм тяжелых металлов и мышьяка в почвах (мг/кг) (ориентировочные значения для средней полосы России) (Макаров, 2008)

Почвы	Zn	Cd	Pb	Hg	Cu	Co	Ni	As
Дерново-подзолистые песчаные и супесчаные	28	0,05	6	0,05	8	3	6	1,5
Дерново-подзолистые суглинистые и глинистые	45	0,12	15	0,10	15	10	30	2,2
Серые лесные	60	0,20	16	0,15	18	12	35	2,6
Черноземы	68	0,24	20	0,20	25	25	45	5,6
Каштановые	54	0,16	16	0,15	20	12	35	5,2
Сероземы	58	0,25	18	0,12	18	12	40	4,5

Сезонное поступление тяжелых металлов с пылевыми выпадениями, приходящимися на площадь S за год ($T=365$ сут), и общий поток пыли рассчитываются по формулам 4.2 и 4.3:

$$Q_{\text{ТМ}}^{\text{взв}} = \left(\frac{T_3}{T} + k_{\text{Рл/Рз}}^{\text{ТМ}} \times \left(1 - \frac{T_3}{T} \right) \right) \times P_3^{\text{ТМвзв}} \times S \times T, \quad (4.2)$$

$$Q^{\text{п}} = \left(\frac{T_3}{T} + k_{\text{Рл/Рз}}^{\text{п}} \times \left(1 - \frac{T_3}{T} \right) \right) \times P_3^{\text{п}} \times S \times T, \quad (4.3)$$

где $P_3^{\text{ТМвзв}}$ и $P_3^{\text{п}}$ – интенсивности (нагрузки) взвешенных форм тяжелых металлов и пыли в зимний период (г/км²сут, кг/км²сут) продолжительностью T_3 (сут); $k_{\text{Рл/Рз}}^{\text{ТМ}}$ и $k_{\text{Рл/Рз}}^{\text{п}}$ – отношение нагрузок взвешенных форм тяжелых металлов и пыли в летний и зимний период (по литературным данным величина указанных коэффициентов равна 1,1 и 3,2 соответственно)

Результаты проведенных расчетов представлены в таблице 4.4.

Таблице 4.4. Результаты расчетов количества тяжелых металлов с пылевыми выпадениями.

Объект	Тз, сут	Т, сут	$k_{Рл/Рз}^{TM}$	$k_{Рл/Рз}^P$	P_3^P , кг/(км2*сут)	$P_3^{TM_{B3B}}$, кг/км2сут				Q_{TM}^{B3B} , мг				Q^P , мг
						Cu	Zn	Cd	Pb	Cu	Zn	Cd	Pb	
«Подольск 1»	170	365	1,1	3,2	59,1825	0,0756	0,2864	0,0013	0,0355	0,726893	2,751927	0,012043	0,341406	1174,303
«Подольск 2»					11,1103	0,0911	0,2741	0,0005	0,0194	0,875378	2,633373	0,00438	0,186746	220,4518
«Подольск 3»					13,8879	0,1631	0,2535	0,0009	0,0313	1,567207	2,43626	0,008272	0,300792	275,5647
«Крылатское»					50,0612	0,0201	0,0632	0,0002	0,0055	0,257102	0,809335	0,002617	0,070396	1324,423
«Очаково»					91,4405	0,0700	0,1672	0,0004	0,0278	0,672724	1,606607	0,003787	0,267491	1814,368
«Филевский парк»					84,0415	0,0253	0,0908	0,0002	0,0063	0,242808	0,872363	0,001879	0,060887	1667,556

Таблица 4.5. Изменение запасов тяжелых металлов в почвах изучаемых участков за год

Объект	τ_P	τ_{TM}	K_p				ΔQ_{TM} , мг			
			Cu	Zn	Cd	Pb	Cu	Zn	Cd	Pb
«Подольск 1»	2,17534	1,05342	225	190	30	140	0,72930	2,76236	0,01234	0,34322
«Подольск 2»			99	60	49	83	0,88194	2,66480	0,00445	0,18843
«Подольск 3»			149	87	59	133	1,57499	2,45649	0,00838	0,30247
«Крылатское»			48	32	10	28	0,26109	0,82745	0,00281	0,07224
«Очаково»			149	228	39	118	0,67607	1,61170	0,00386	0,26917
«Филевский парк»			31	13	47	27	0,24858	0,92056	0,00191	0,06257

С учетом поправочных коэффициентов, учитывающих пылевую нагрузку и поступление взвешенных форм тяжелых металлов в зависимости от времени года ($k_{\text{Пл/Пз}}^{\text{TM}}$ и $k_{\text{Пл/Пз}}^{\text{П}}$), доля растворенных форм тяжелых металлов в общем объеме поступления (K_p) и потери тяжелых металлов с вертикальными и латеральными стоками ($f^{\text{ВЗВ}}$ и $f^{\text{П}}$), изменение запасов тяжелых металлов в почвах за год определяется следующим уравнением (4.4):

$$\Delta Q_{\text{TM}} = \left[(1 - f^{\text{ВЗВ}}) \times \left(1 - \frac{\tau^{\text{П}} \cdot P_3^{\text{П}} \cdot C_{\text{Ф}}}{\tau^{\text{TM}} \cdot P_3^{\text{TMВЗВ}}} \right) + (1 - f^{\text{П}}) \times \frac{1}{K_p} \right] \times \tau^{\text{TM}} \times P_3^{\text{TMВЗВ}} \times S \times T, \quad (4.4)$$

где $\tau^{\text{П}} = \frac{T_3}{T} + k_{\text{Пл/Пз}}^{\text{П}} \times \left(1 - \frac{T_3}{T} \right)$; $\tau^{\text{TM}} = \frac{T_3}{T} + k_{\text{Пл/Пз}}^{\text{TM}} \times \left(1 - \frac{T_3}{T} \right)$ - коэффициенты пересчета нагрузок пыли и тяжелых металлов в зимний период на средние за год с учетом летних выпадений.

После анализа литературным данным и полученным результатам лабораторных испытаний были сделаны следующие допущения:

- коэффициент ($f^{\text{ВЗВ}}$), учитывающий потери взвешенных форм металлов для почв при выносе с поверхностным стоком, бесконечно мал и $f^{\text{ВЗВ}} \rightarrow 0$;
- коэффициент ($f^{\text{П}}$), характеризующий потери для почв растворенных форм тяжелых металлов (при выносе с поверхностным и внутрипочвенным стоком) для исследуемых почв Московского региона можно принять $f^{\text{П}} = 0,25$.

Таким образом, проведенные расчеты удельных запасов тяжелых металлов в почвах на изучаемых участках площадью 6250 м² каждый, приведены в таблице 4.5.

Расчет прогнозируемых (на конец расчетного периода n) концентраций тяжелых металлов в почвах (слое мощностью h) может осуществляться по уравнению (4.5):

$$C(n) = C(0) + \frac{1}{h \times d} \sum_{i=1}^n \frac{\Delta Q_{\text{TM}}}{S}, \quad (4.5)$$

где $C(n)$ и $C(0)$ – прогнозируемые и текущие концентрации тяжелых металлов в почвах ($C(0) = C_{\text{Ф}}$), мг/кг; d – плотность почв, г/см³.

Средние содержания тяжелых металлов в почвах исследуемых участков, изменение их запасов и прогнозный расчет достижения уровней загрязнения (используются нижние границы диапазонов – табл. 3.9.) почв для каждого объекта отражен в таблицах 4.6. (а, б, в, г, д, е).

Таблица. 4.6. Прогнозный расчет достижения различных уровней (нижние границы диапазонов значений, характеризующих каждый уровень) загрязнения почв тяжелыми металлами для исследуемых участков города Москвы и города Подольска.

а) Участок «Подольск-1»

Тяжелые металлы	C _о , мг/кг	ΔQ _{тм} , мг	п, лет			
			2 уровень (ПДК)	3 уровень	4 уровень	5 уровень
Cu	27,82	0,7293	25	825	1783	2262
Zn	118,26	2,7624	-	483	1747	3644
Cd	0,27	0,0123	65	772	1339	5585
Pb	43,59	0,3432	-	829	2101	5663

б) Участок «Подольск-2»

Тяжелые металлы	C _о , мг/кг	ΔQ _{тм} , мг	п, лет			
			2 уровень	3 уровень	4 уровень	5 уровень
Cu	64,02	0,8819	-	463	1144	1484
Zn	77,24	2,6648	-	476	1603	3293
Cd	0,24	0,00445	178	1866	3217	13348
Pb	57,66	0,1884	-	1073	3065	8642

в) Участок «Подольск-3»

Тяжелые металлы	C _о , мг/кг	ΔQ _{тм} , мг	п, лет			
			2 уровень	3 уровень	4 уровень	5 уровень
Cu	70,07	1,5750	-	252	1144	1484
Zn	130,03	2,4565	-	460	1603	3293
Cd	0,41	0,00838	33	944	3217	13348
Pb	42,44	0,3025	-	833	3065	8642

г) Участок «Крылатское»

Тяжелые металлы	C _о , мг/кг	ΔQ _{тм} , мг	п, лет			
			2 уровень	3 уровень	4 уровень	5 уровень
Cu	27,53	0,26109	69	2184	4717	5984
Zn	100,83	0,8275	-	1595	5592	11586
Cd	0,70188	0,00281	-	2704	5057	22704
Pb	18,91	0,07224	599	4857	10578	26600

д) Участок «Очаково»

Тяжелые металлы	C _о , мг/кг	ΔQ _{тм} , мг	п, лет			
			2 уровень	3 уровень	4 уровень	5 уровень
Cu	439,75	0,6761	-	-	-	377
Zn	192,72	1,6117	-	806	3428	7361
Cd	0,43	0,00386	77	2815	5005	21434
Pb	28,98	0,26917	47	1508	3470	8966

е) Участок «Филевский бульвар»

Тяжелые металлы	C _о , мг/кг	ΔQ _{тм} , мг	п, лет			
			2 уровень	3 уровень	4 уровень	5 уровень
Cu	84,35	0,24858	-	1740	4748	6253
Zn	241,16	0,92056	-	1051	5113	11206
Cd	0,91	0,00191	-	4093	8010	37393
Pb	52,25	0,06257	-	4348	11818	32735

Таким образом, представленные результаты прогнозных расчетов, выполненных для исследуемых участков г. Москвы и г. Подольска, показывают незначительную скорость аэрогенного накопления тяжелых металлов в почвах этих участков, что в целом соответствует основным заключениям из аналогичных исследований, выполненных Т.Н. Лубковой (2007) для Московского региона. Тем не менее, установленные для почв участков 2-й и 3-й уровни загрязнения тяжелыми металлами свидетельствует об их загрязнении не только через атмосферные выпадения от промышленных и транспортных источников, но и в результате действия других факторов – хозяйственной деятельности по обустройству территорий, обработки объектов автомобильного и железнодорожного транспорта противогололедными материалами и т.д.

ГЛАВА 5.

ОЦЕНКА ВЕЛИЧИНЫ СТЕПЕНИ ВЫРАЖЕННОСТИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА (СВЭР), ФАКТИЧЕСКОГО, ВЕРОЯТНОГО И МАКСИМАЛЬНОГО УЩЕРБА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ИЗУЧАЕМЫХ ГОРОДСКИХ ПОЧВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ.

5.1. Определение СВЭР и вероятности дальнейшего загрязнения почв тяжелыми металлами.

Оценка экологического риска загрязнения почв проводилась с применением показателя СВЭР – степень выраженности экологического риска (5.1). Данный показатель предложен автором Савватеевой О. А. и был апробирован в научном исследовании загрязненности почв города Дубны Московской области тяжелыми металлами и нефтепродуктами в условиях существующего уровня техногенной нагрузки (Савватеева, 2005).

$$\text{СВЭР} = \Pi_{\text{д}} + \frac{\sum_{i=1}^n \Pi_{\text{д}\Pi_i}}{\sum_{i=1}^n (\Pi_{\text{д}\Pi_i}) + n} \quad (5.1)$$

На основе сведений о загрязненности почв тяжелыми металлами была рассчитана величина СВЭР почв и определена категория степени выраженности экологического риска для каждой из точек (и, соответственно, - ячеек) исследуемых участков (табл. 5.1).

Для большинства ячеек всех 6-ти участков определена категория СВЭР «слабая», однако в ряде случаев рассчитаны высокие значения СВЭР (категории «чрезвычайная» и «катастрофическая»). Это означает, что вероятность дальнейшего загрязнения почв чаще всего составляет 0,2, но может доходить до 0,7 и 1,0 (табл. 5.2).

Таблица 5.1. Категории СВЭР, рассчитанные для исследуемых участков

Объект	Уровни загрязнения почв тяжелыми металлами				СВЭР	Категория СВЭР	Вероятность (Р)
	Cu	Zn	Cd	Pb			
«Подольск-1»	1	2	1	2	1,95	Слабая	0,2
«Подольск-2»	2	2	1	2	2,28	Средняя	0,4
«Подольск-3»	2	2	1	2	2,28	Средняя	0,4
«Крылатское»	1	2	2	1	1,95	Слабая	0,2
«Очаково»	4	2	1	1	3,95	Чрезвычайная	0,7
«Филевский парк»	2	2	2	2	2,32	Средняя	0,4

Таблица 5.2. Экспертная оценка вероятности ухудшения экологического качества ОПС

Уровни потери качества	Потеря экологической ценности ПТК, %	Категория степени выраженности экологического риска	Р - вероятность ухудшения экологического качества ОПС
I – условно нулевой	0-5	Очень слабая	0,05
II - низкий	6-20	Слабая	0,2
III - средний	21-40	Средняя	0,4
IV – высокий	41-70	Чрезвычайная	0,7
V - катастрофический	71-100	Катастрофическая	1,0

5.2. Оценка фактического ущерба (стоимость рекультивационных работ) и максимального ущерба от загрязнения почв

В настоящих исследованиях при помощи программы SmetaWIZARD v. 4.0 была рассчитана величина ущерба, нанесенного почвам в результате их загрязнения, по стоимости их рекультивации (Приложение 1).

При определении перечня и объема необходимых рекультивационных мероприятий были сделаны следующие допущения:

- в том случае, когда уровень загрязнения по каждому из загрязняющих веществ не превышает 2-го (низкого) проводятся - обработка почвы широко применяющимся в практике природопользования сорбентом «Глауконит» (ТУ 2164-003-45670985-05), внесение универсальных удобрений, рыхление, посев трав;
- в том случае, когда уровень загрязнения хотя бы одного тяжелого металла превышает 2-й, для данной ячейки проводятся - выемка загрязненного грунта, завоз почвогрунта «Универсальный» (соответствующего требованиям Постановления Правительства Москвы №514-ПП от 27.07.14 г.), внесение удобрений, рыхление, посев трав;
- стоимость восстановительных работ рассчитывалась только для слоя почвы 0-10 см, в котором и проводилось определение содержания загрязняющих веществ (миграция тяжелых металлов в нижележащие слои не оценивалась).

В таблице 5.3 приводится разработанный перечень рекультивационных работ, а также рассчитана их общая площадь.

Таблица 5.3. Рекультивационные мероприятия, состоящие из следующих видов работ.

Объект	Площадь рекультивации, м ²	Природовосстановительные мероприятия	Итоговая стоимость*, руб.
«Подольск-1»	5625	– Обработка территории препаратом «Глауконит». – Внесение расчетных норм комплексного минерального удобрения «Нитрофоска». – Рыхление грунта на глубину 20 см. – Посев газонной смеси «Городская».	45 327,00
«Подольск-2»	5625	– Разработка (выемка) загрязненного грунта на глубину 20 см в объеме 250 м³ – Утилизация загрязненного грунта на полигон. – Формирование потенциально плодородного корнеобитаемого слоя мощностью 20 см из универсального Почвогрунта для последующего этапа биологической рекультивации. – Обработка территории препаратом «Глауконит». – Внесение расчетных норм комплексного минерального удобрения «Нитрофоска». – Рыхление грунта на глубину 20 см. – Посев газонной смеси «Городская».	535 576,04
«Подольск-3»	6250	– Разработка (выемка) загрязненного грунта на глубину 20 см в объеме 125 м³ – Утилизация загрязненного грунта на полигон. – Формирование потенциально плодородного корнеобитаемого слоя мощностью 20 см из универсального Почвогрунта для последующего этапа биологической рекультивации. – Обработка территории препаратом «Глауконит». – Внесение расчетных норм комплексного минерального удобрения «Нитрофоска». – Рыхление грунта на глубину 20 см. – Посев газонной смеси «Городская».	294 846,6
«Крылатское»	5625	– Разработка (выемка) загрязненного грунта на глубину 20 см в объеме 125 м³ – Утилизация загрязненного грунта на полигон. – Формирование потенциально плодородного корнеобитаемого слоя мощностью 20 см из универсального Почвогрунта для последующего этапа биологической рекультивации. – Обработка территории препаратом «Глауконит». – Внесение расчетных норм комплексного минерального удобрения	287 384,62

		«Нитрофоска». – Рыхление грунта на глубину 20 см. – Посев газонной смеси «Городская».	
«Очаково»	5625	– Разработка (выемка) загрязненного грунта на глубину 20 см в объеме 125 м³ – Утилизация загрязненного грунта на полигон. – Формирование потенциально плодородного корнеобитаемого слоя мощностью 20 см из универсального Почвогрунта для последующего этапа биологической рекультивации. – Обработка территории препаратом «Глауконит». – Внесение расчетных норм комплексного минерального удобрения «Нитрофоска». – Рыхление грунта на глубину 20 см. – Посев газонной смеси «Городская».	287 384,62
«Филевский парк»	5625	– Разработка (выемка) загрязненного грунта на глубину 20 см в объеме 375 м³ – Утилизация загрязненного грунта на полигон. – Формирование потенциально плодородного корнеобитаемого слоя мощностью 20 см из универсального Почвогрунта для последующего этапа биологической рекультивации. – Обработка территории препаратом «Глауконит». – Внесение расчетных норм комплексного минерального удобрения «Нитрофоска». – Рыхление грунта на глубину 20 см. – Посев газонной смеси «Городская».	777 191,62

* указанные цены актуальны на II квартал 2014 года

Анализ результатов расчетов стоимости рекультивационных работ (фактического ущерба) на исследуемых участках выявляет значительный разброс значений: от 45 327,65 руб. для участка «Подольск-1» до 777 191,62 руб. для участка «Филевский парк» (рис. 5.1.). Столь существенная разница в стоимости необходимых мероприятий между участками объясняется, главным образом, в различиях по содержанию тяжелых металлов в почвах.

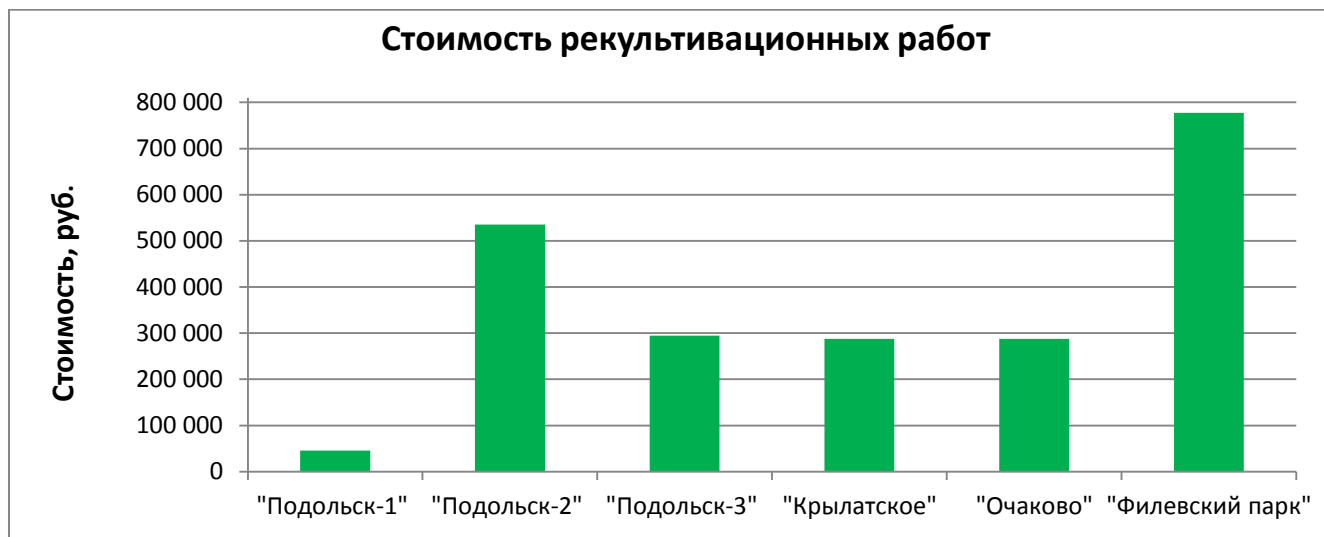


Рис. 5.1. Оценка стоимости рекультивационных работ (фактического ущерба) для исследуемых участков.

Кроме того, был проведен расчет **U_{max}** – ущерб при воображаемом максимально возможном загрязнении почвенного покрова участков. В данном случае оценивалась стоимость рекультивационных работ по выемке загрязненного грунта, завозу почвогрунта «Универсальный», внесению удобрений, рыхлению почвы, посеву многолетних трав и проведению агротехнических и фитомелиоративных мероприятий не для отдельных ячеек участка, где содержание тяжелых металлов превышает 2-й (низкий) уровень загрязнения, а для всего участка площадью 6250 м². Величина

U_{max} для участков

- «Подольск-1»
 - «Подольск-2»
 - «Подольск-3»
- а для участков
- «Крылатское»
 - «Очаково»
 - «Филевский парк»

составила **2 494 528,27 руб.**,

составила **2 473 751,54 руб.**

Таким образом, величина **U_{max}** существенно выше стоимости рекультивационных работ, которые необходимо провести на исследуемых городских участках, чтобы очистить их почвы от токсикантов.

5.3. Расчет вероятного ущерба как показателя риска загрязнения почв.

В настоящем исследовании понятие риска **R** определяется, как вероятность **P** того, что почвам в результате их загрязнения будет нанесен максимально возможный ущерб **U_{max}** (5.2) (Макаров О.А., Макаров А.А, 2014).

$$R = P \times U_{\max} \quad (5.2)$$

Таким образом, с методической точки зрения существует возможность оценки риска загрязнения почв как вероятного ущерба, наносимого им.

В соответствии с формулой (5.2) была определена величина вероятного ущерба **R**, который может быть нанесен почвам исследуемых участков в ближнесрочной перспективе в результате их предполагаемого загрязнения при существующем уровне техногенной нагрузки (табл. 5.4, рис. 5.2).

Таблица 5.4. Значения величин вероятного ущерба

Объект	Уровни загрязнения почв тяжелыми металлами				СВЭР	Вероятность	Максимальный ущерб, руб	Вероятный ущерб, руб
	Cu	Zn	Cd	Pb				
"Подольск-1"	1	2	1	2	1,95	0,2	2 494 528,27	498 905,65
"Подольск-2"	2	2	1	2	2,04	0,2		498 905,65
"Подольск-3"	2	2	1	2	2,04	0,2		498 905,65
"Крылатское"	1	2	2	1	1,95	0,2	2 473 751,54	494 750,31
"Очаково"	4	2	1	1	3,95	0,7		1 731 626,08
"Филевский парк"	2	2	2	2	2,10	0,4		989 500,62

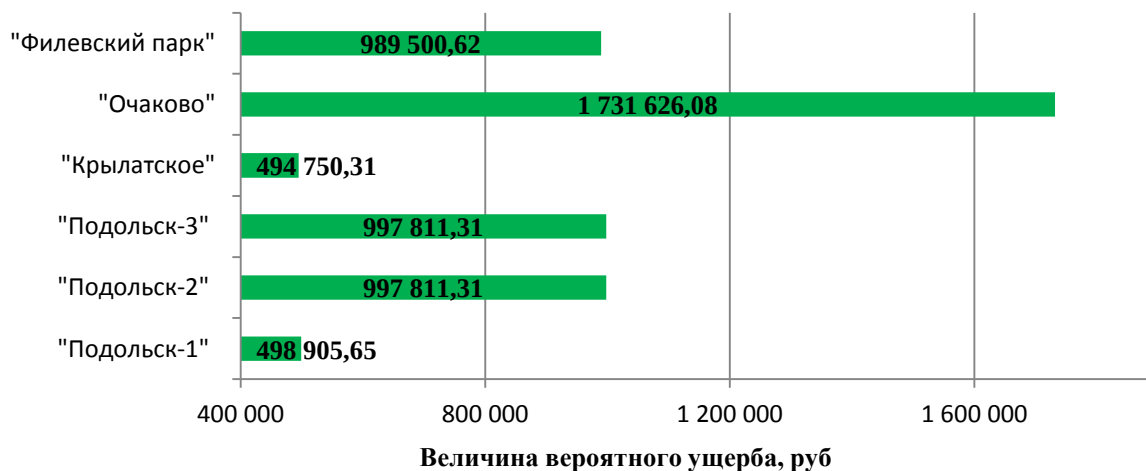


Рис.5.2. Оценка вероятного ущерба R почв исследуемых участков

Во всех случаях величина фактического ущерба, нанесенного почвам загрязнением тяжелыми металлами, ниже величины вероятного ущерба, при этом наибольшие различия между ними (90,91%) были установлены для участка «Подольск-1», а наименьшие (21,46%) – для участка «Филевский парк» (рис. 5.3).

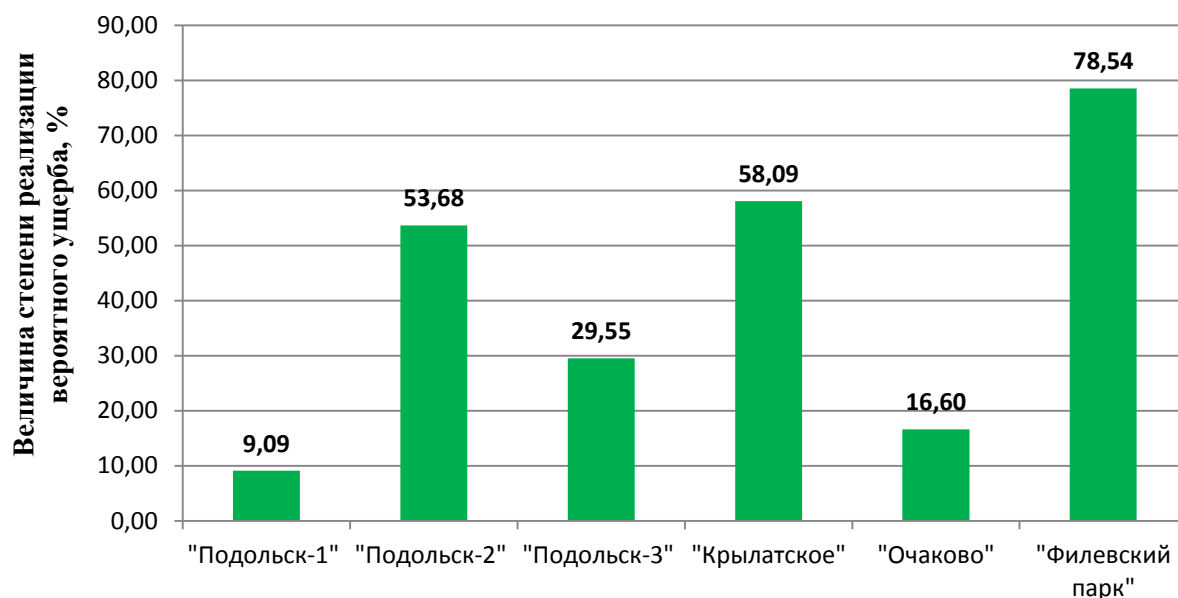


Рис. 5.3. Оценка соотношения фактического и вероятного ущерба загрязнения почв для исследуемых участков.

5.4. Разработка показателя СРВУ почв.

Было проведено ранжирование величины, характеризующей отношение фактического ущерба почв к вероятному ущербу почв (величина выражена в процентах), основанное на экспертной оценке возможности и времени сближения значений этих двух видов ущерба и существующем опыте нормирования индивидуальных и комплексных показателей качества (состояния) почв (Гендугов, Глазунов, Евдокимова, 2010). Так как при высоком уровне техногенной нагрузки величина фактического ущерба «стремится» достичь величину вероятного ущерба (а, иногда, и превысить его, вырастая до $U_{\max}$), то соотношение между этими величинами можно определить как степень реализации вероятного ущерба (СРВУ) почв – табл. 8.

Таблица 5.5. Экспертная оценка степени реализации вероятного ущерба загрязнения почв при существующем уровне техногенной нагрузки

Отношение фактического ущерба почв к вероятному ущербу почв, %	Степень реализации вероятного ущерба (СРВУ) почв	Характеристика ущерба, нанесенного почвам в результате их загрязнения
0-25	Очень слабая	Фактический ущерб ничтожен, в ближнесрочной (0-5 лет) и среднесрочной (5-10 лет) перспективах его величина скорее всего не достигнет величины вероятного ущерба R
26-50	Слабая	Фактический ущерб незначителен, в ближнесрочной перспективе (0-5 лет) его величина скорее всего не достигнет величины вероятного ущерба R
51-75	Средняя	Фактический ущерб существенен ближнесрочной перспективе (0-5 лет) его величина скорее всего достигнет величины вероятного ущерба R
76-99	Высокая	Фактический ущерб значителен, в ближнесрочной перспективе (0-5 лет) его величина достигнет величины вероятного ущерба R
≥ 100	Очень высокая	Фактический ущерб, нанесенный почвам, достиг вероятного ущерба R

Участок	Степень реализации вероятного ущерба почв				
	Очень слабая	Слабая	Средняя	Высокая	Очень высокая
«Подольск-1»					
«Подольск-2»					
«Подольск – 3»					
«Крылатское»					
«Очаково»					
«Филевский парк»					

Рис. 5.4. Оценка СРВУ почв исследуемых участков

Примечание:

■ - почвы участка характеризуются данной степенью реализации вероятного ущерба

Таким образом, определение величин СРВУ почв позволило в большей степени дифференцировать исследуемые участки, чем в случае оценки величин ущерба R и сделать первые приоритетными в качестве показателей риска загрязнения почв. Понимание экологического риска как произведение вероятности неблагоприятного события и ожидаемого ущерба в результате этого события помогает подойти к определению риска загрязнения городских почв локальных участков г. Подольска и г. Москвы как к эколого-экономической оценке этих территорий.

Развитие указанного подхода проводилось в направлении отказа от вероятностной природы наносимого в будущем ущерба от загрязнения почв. В этой ситуации показателем риска загрязнения почв R выступила величина вероятного ущерба, определяемого как произведение максимально возможного ущерба, который только может быть нанесен почвам в результате их химического

загрязнения, и вероятности ухудшения качества почв, которая выводится экспертным путем из величины СВЭР.

ГЛАВА 6.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БАЛАНСОВОГО И ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕТОДОВ ОЦЕНКИ РИСКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ.

До недавнего времени подходы к эколого-геохимической оценке урболандшафтов, находящихся под воздействием промышленных и транспортных источников, фактически не предполагали использования балансовых моделей загрязнения, хотя и основывались на устойчивых корреляционных связях между источниками загрязнения, миграцией химических элементов в транспортирующих (вода, воздух) и аккумуляцией в депонирующих (снежный покров, почвы, растительность, донные отложения) природных средах («Геохимия окружающей...», 1990; Лубкова, 2007). Причина подобного состояния дел заключалась прежде всего в сложности количественных измерений потоков загрязняющих веществ – поступления загрязнителей в техногенные экосистемы и удаления из них. Так, в многочисленных исследованиях оценивалась загрязненность городских почв тяжелыми металлами («Почва, город...», 1997; «Антропогенные почвы...», 2003 и др.), но не измерялись потоки этих токсикантов в экосистемах. И если интенсивность поступления ТМ через атмосферные выпадения иногда определялась (в основном, по результатам исследований снеговой съемки), то количество удаляющихся из почвы в ходе различных процессов (вымывание, вынос с растениями, закрепление в растениях) растворенных и взвешенных форм металлов, как правило, не оценивалось.

В исследованиях, выполненных для Московского региона (Лубкова, 2007), было показано, что прогноз загрязнения может осуществляться на базе оценок нагрузок загрязнителей по данным снеговых съемок и ряда коэффициентов, характеризующих равномерность твердофазных выпадений в течение года, степень их аккумуляции почвами и долю от растворенных форм в выпадениях, идущую на загрязнение почв. На основе балансового подхода исследователями была разработана модель загрязнения почв тяжелыми металлами на территории Национального парка «Лосиный остров» (Лубкова, 2007). Указанная модель показала приемлемую сходимость расчетных и фактических значений содержания тяжелых металлов в почвах изучаемой территории (табл. 6.1.).

Таблица 6.1. Расчетные и фактические значения удельных запасов тяжелых металлов в почвах в интервалах различной удаленности от промышленных объектов (Лубкова, 2007)

Элемент	Показатель	Расстояние от промышленных источников					
		0-1 км	1-2 км	2-3 км	3-4 км	4-5 км	0-5 км
Cu	$Q_{расч}^{\Sigma}$, кг/км ²	1101	509	431	380	357	556
	$Q_{факт}$, кг/км ²	1041	556	412	225	386	524
	$Q_{расч}^{\Sigma}/Q_{факт}$	1,06	0,91	1,05	1,69	0,92	1,06
	$Q_{расч}^{взв}$, кг/км ²	799	262	191	151	132	307
	$Q_{расч}^{взв}/Q_{расч}^{\Sigma}$	0,73	0,51	0,44	0,40	0,37	0,55
Zn	$Q_{расч}^{\Sigma}$, кг/км ²	4565	2444	2102	1933	1797	2568
	$Q_{факт}$, кг/км ²	4491	2542	707 (1925)	1307	1432	2096 (2339)
	$Q_{расч}^{\Sigma}/Q_{факт}$	1,02	0,96	2,97 (1,09)	1,48	1,26	1,23 (1,10)
	$Q_{расч}^{взв}$, кг/км ²	2066	687	492	398	342	797
	$Q_{расч}^{взв}/Q_{расч}^{\Sigma}$	0,45	0,28	0,23	0,21	0,19	0,31
Pb	$Q_{расч}^{\Sigma}$, кг/км ²	990	390	308	267	235	438
	$Q_{факт}$, кг/км ²	857	489	390	340	178	451
	$Q_{расч}^{\Sigma}/Q_{факт}$	1,15	0,80	0,79	0,79	1,32	0,97
	$Q_{расч}^{взв}$, кг/км ²	911	305	221	179	149	353
	$Q_{расч}^{взв}/Q_{расч}^{\Sigma}$	0,92	0,78	0,72	0,67	0,63	0,81
Ni	$Q_{расч}^{\Sigma}$, кг/км ²	847	644	607	574	560	646
	$Q_{факт}$, кг/км ²	1193	750	605	279	98	585
	$Q_{расч}^{\Sigma}/Q_{факт}$	0,71	0,86	1,00	2,1	5,7	1,11
	$Q_{расч}^{взв}$, кг/км ²	518	232	178	146	124	240
	$Q_{расч}^{взв}/Q_{расч}^{\Sigma}$	0,61	0,36	0,29	0,25	0,22	0,37
Mo	$Q_{расч}^{\Sigma}$, кг/км ²	-	-	-	-	-	-
	$Q_{факт}$, кг/км ²	67	38	44	36	22	41
	$Q_{расч}^{\Sigma}/Q_{факт}$	-	-	-	-	-	-
	$Q_{расч}^{взв}$, кг/км ²	24,4	10,6	7,6	7,1	5,5	11,0
	$Q_{расч}^{взв}/Q_{факт}$	0,36	0,28	0,17	0,19	0,25	0,27
Ag	$Q_{расч}^{\Sigma}$, кг/км ²	5,7	3,0	2,5	2,3	2,2	3,1
	$Q_{факт}$, кг/км ²	5,1	3,4	2,9	1,9	2,2	3,1
	$Q_{расч}^{\Sigma}/Q_{факт}$	1,12	0,86	0,85	1,23	1,00	1,01
	$Q_{расч}^{взв}$, кг/км ²	4,3	1,5	1,0	0,9	0,7	1,7
	$Q_{расч}^{взв}/Q_{расч}^{\Sigma}$	0,75	0,50	0,40	0,39	0,32	0,55

Примечание: в скобках приведены значения показателей для Zn, рассчитанные с учетом осредненных по соседним интервалам удельным запасам в интервале 2-3 км от промышленных объектов

Кроме того, в ходе данных исследований было предложено уравнение (формула 4.1.), позволяющее по интенсивностям твердофазных выпадений проводить оценку и прогноз загрязнения почв тяжелыми металлами (Кошелева, 2003; Лубкова, 2007). Так, использование результатов расчетной модели позволило осуществить прогноз загрязнения почв Национального парка «Лосиный остров» атмосферными выпадениями (табл. 6.2.). Было установлено, что при сохранении техногенной нагрузки от промышленных объектов на уровне 2000 г. в ближайшие 100 лет превышения средними содержаниями в слое почвы 0-0,1 м минимально-аномального уровня на расстоянии 0-1 км от промышленных предприятий будет зафиксировано для Pb, Zn и Ag через 35, 60 и 65 лет соответственно. Для достижения уровня минимально-аномальных содержаний по Си и Мо потребуется около 200 лет, по Ni, минимально-аномальная концентрация которого соответствует ОДК, - 280 лет. Превышения ПДК/ОДК по средним содержаниям в почвах можно будет наблюдать не ранее, чем через 90 лет - для Pb, 140 лет - для Zn, 570 лет - для Cu. Для Ag и Mo, по которым не разработаны ПДК/ОДК, содержания в почвах в два раза превысят фон через 150 и 1000 лет соответственно.

Применение указанного балансового подхода для локальных городских участков, расположенных в непосредственной близости от промышленных предприятий города и/или автомобильных и железнодорожных магистралей Москвы и Московской области (г. Подольск), подтвердило невысокую скорость аэрогенного накопления тяжелых металлов в почвах этих участков (см. главу 4 настоящей диссертационной работы). Например, увеличение содержания тяжелых металлов от фоновых значений до предельного допустимого в изучаемых почвах в соответствии с проведенным прогнозом должно было занять десятки и даже сотни лет. В тоже время в исследуемых городских почвах загрязнение уже превышает (иногда во много раз) санитарно-гигиенические нормативы.

Полученные результаты, свидетельствующие о повышенном (более ПДК/ОДК) содержании тяжелых металлов в почвах локальных участков города Москвы и города Подольска, в целом подтверждаются измерениями ученых, занимающихся изучением городских почв («Почва, город...», 1997;

«Антропогенные почвы...», 2003), и экологических служб города Москвы (ГПБУ «Мосэкомониторинг» и др.) – Рис. 6.1. («Экологический атлас...», 1990).

Таблица 6.2. Прогнозные характеристики загрязнения почв НП «Лосиный остров» атмосферными выпадениями в интервалах различной удаленности от промышленных объектов (Лубкова, 2007)

Элемент	Характеристика	Расстояние от промышленных источников				
		0-1 км	1-2 км	2-3 км	3-4 км	4-5 км
Cu	$C(0)^1$, г/т	39,9	36,7	35,7	34,5	35,6
	ΔC , г/т/год	0,046	0,021	0,018	0,016	0,015
	$C(n1)=C_{мин.ан.}$, г/т	50				
	n1, лет	<u>219</u>	<u>628</u>	<u>795</u>	<u>981</u>	<u>971</u>
	$C(n2)=ОДК$, г/т	66				
	n2, лет	<u>567</u>	<u>1383</u>	<u>1688</u>	<u>1994</u>	<u>2049</u>
Zn	$C(0)$, г/т	92,9	79,9	75,8 ²	71,7	72,5
	ΔC , г/т/год	0,176	0,048	0,029	0,018	0,012
	$C(n1)=C_{мин.ан.}$, г/т	100				
	n1, лет	<u>59</u>	<u>310</u>	<u>434</u>	<u>552</u>	<u>576</u>
	$C(n2)=ОДК$, г/т	110				
	n2, лет	<u>142</u>	<u>465</u>	<u>614</u>	<u>747</u>	<u>786</u>
Pb	$C(0)$, г/т	28,7	26,3	25,6	25,3	24,2
	ΔC , г/т/год	0,036	0,014	0,011	0,010	0,009
	$C(n1)=C_{мин.ан.}$, г/т	30				
	n1, лет	<u>35</u>	<u>262</u>	<u>391</u>	<u>484</u>	<u>675</u>
	$C(n2)=ПДК$, г/т	32				
	n2, лет	<u>91</u>	<u>402</u>	<u>569</u>	<u>689</u>	<u>907</u>
Ni	$C(0)$, г/т	35,0	32,0	31,0	28,9	27,7
	ΔC , г/т/год	0,018	0,017	0,016	0,016	0,016
	$C(n1)=C_{мин.ан.}=C(n2)=ОДК$, г/т	40				
	n1=n2, лет	<u>276</u>	<u>483</u>	<u>552</u>	<u>710</u>	<u>793</u>
Mo	$C(0)$, г/т	2,25	2,05	2,10	2,04	1,94
	ΔC , г/т/год	0,0014	0,0011	0,0010	0,0010	0,0009
	$C(n1)=C_{мин.ан.}$, г/т	2,5				
	n1, лет	<u>183</u>	<u>417</u>	<u>406</u>	<u>463</u>	<u>587</u>
	$C(n2)=2C_{ф.}$, г/т	3,6				
	n2, лет	<u>975</u>	<u>1444</u>	<u>1509</u>	<u>1576</u>	<u>1748</u>
Ag	$C(0)$, г/т	0,194	0,183	0,180	0,173	0,175
	ΔC , г/т/год	0,00086	0,00043	0,00036	0,00034	0,00032
	$C(n1)=C_{мин.ан.}$, г/т	0,25				
	n1, лет	<u>65</u>	<u>155</u>	<u>194</u>	<u>228</u>	<u>239</u>
	$C(n2)=2C_{ф.}$, г/т	0,32				
	n2, лет	<u>147</u>	<u>316</u>	<u>387</u>	<u>433</u>	<u>460</u>

Примечание: ¹ - $C(0)$ – средние содержания тяжелых металлов по данным съемки 1998г.; ² средние содержания Zn в интервале 2-3 км рассчитаны с учетом осредненных по соседним интервалам удельным запасам

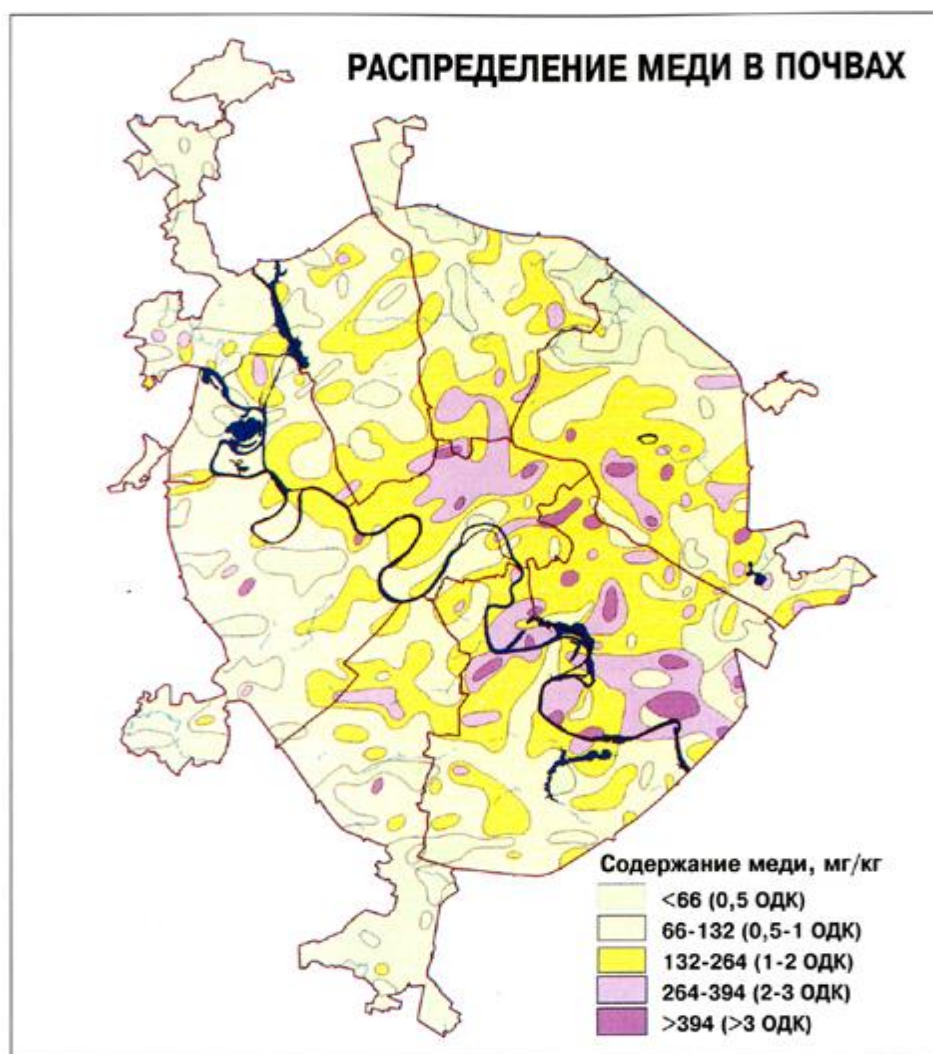


Рис. 6.1. Содержание меди в почвах города Москвы («Экологический атлас Москвы», 2000).

Таким образом, высокое совпадение фактического и расчетного значений запасов (или содержания) тяжелых металлов в почвах Московского региона возможно только в том случае, если аэрогенный путь поступления этих токсикантов является доминирующим (например, для – Национального парка «Лосиный остров»). В том случае, если загрязняющие вещества поступили в городские почвы еще и другими путями (вместе с загрязненным субстратом при формировании реплантоземов и конструктоземов, при растворении или раздроблении твердого промышленного и/или бытового мусора, вместе с противогололедными материалами и т.д.), содержание этих веществ может быть существенно выше значений, рассчитанных балансовым методом. При этом достоверно оценить источник поступления загрязнителей в быстро меняющиеся городские почвы практически невозможно.

В этих условиях целесообразно использовать другой подход к оценке риска загрязнения почв города – эколого-экономический. Указанный подход позволяет определить фактический ущерб (стоимость работ по рекультивации загрязненного участка) и вероятный ущерб (вероятность наступления максимального возможного ущерба) от загрязнения почв. К преимуществам этого подхода следует отнести использование пятибалльной шкалы состояния почв, учитывающей обратимость понесенных нарушений (шкала СВЭР). Несмотря на свой экспертный характер такие шкалы получили широкое распространение в практике природопользования (Макаров, 2002).

Разумеется, применение предложенного эколого-экономического метода оценки риска загрязнения почв до конца не снимает таких принципиальных методологических проблем, как вероятностный характер обоих множителей в формулах (1.8), (1.9.). Использование СВЭР для оценки вероятности дальнейшего загрязнения почв возможно, но, разумеется, имеет ограничения: далеко не всегда высокая степень измененности (в данном случае – загрязненности) почв свидетельствует о том, что и в дальнейшем эта измененность будет увеличиваться (в силу быстро меняющейся экологической обстановки в городских условиях).

Таким образом, существенное различие между результатами прогноза загрязнения почв участков города Москвы и города Подольска, полученными эколого-экономическим и балансовым методами, вероятно, обусловлено недоучетом в последнем методе таких факторов поступления тяжелых металлов в городские почвы, как хозяйственная деятельность по благоустройству территорий, обработка объектов автомобильного и железнодорожного транспорта противогололедными материалами и т.д.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вероятностный характер показателей состояния почв и других природных сред (атмосферного воздуха, растительности и др.), применяемых для измерения величины риска химического загрязнения почв, обуславливает значительную методологическую сложность решения указанной проблемы. В городской среде, особенно в зонах влияния промышленности и транспорта, где почвы уже существенно антропогенно изменены и подвергаются постоянному антропогенному изменению, проблема оценки риска их загрязнения еще сложнее. Любые методические и методологические приемы здесь с легкостью могут быть подвергнуты вполне справедливой критике.

Использованные в ходе выполнения настоящей диссертационной работы балансовый и эколого-экономический методы оценки прогноза загрязнения почв шести локальных участков Московского региона (город Москва и город Подольск), с нашей точки зрения, заслуживают внимания специалистов, как интересные и перспективные. Особенно хотелось бы выделить эколого-экономический подход к оценке риска загрязнения почв. Расчет различных форм ущерба/вреда от загрязнения городских почв (фактического, максимального, вероятного) позволяет получить целостное представление о тех негативных изменениях, которые с почвами уже произошли в результате их загрязнения тяжелыми металлами, потенциально могут произойти в случае максимального загрязнения почв и вероятно произойдут, если уровень техногенной нагрузки будет оставаться неизменным. При этом одним из самых интересных результатов работы явилось ранжирование величины, характеризующей отношение фактического ущерба почв к вероятному ущербу почв, основанное на экспертной оценке возможности и времени сближения значений этих двух видов ущерба и существующем опыте нормирования индивидуальных и комплексных показателей качества (состояния) почв. Так как при высоком уровне техногенной нагрузки величина фактического ущерба «стремится» достичь величину вероятного ущерба (а, иногда, и превысить его, вырастая до максимального ущерба), то соотношение между этими величинами было определено как степень реализации вероятного ущерба (СРВУ) почв. Расчет величины СРВУ для почв исследуемых участков позволил в большей

степени дифференцировать эти участки, чем в случае оценки величин вероятного ущерба.

Дальнейшее развитие эколого-экономического подхода к оценке риска загрязнения почв может быть связано с прогнозом изменения экосистемных сервисов (услуг) почвенного покрова при ухудшении его состоянии, экономической интерпретацией указанного изменения.

ВЫВОДЫ:

1. Основным методическим приемом, используемым в работах по оценке риска загрязнения почв, является сопоставление реальной нагрузки загрязняющих веществ на территорию с критической нагрузкой этих же веществ на ту же территорию. При этом, при прогнозировании загрязнения токсическими веществами почвенного покрова в первую очередь учитываются свойства почв, обуславливающие способность последних поглощать и удерживать загрязнители (гранулометрический состав, содержание гумуса, ЕКО и др.)
2. Городские почвы исследуемых локальных участков, расположенные в функциональной зоне производственного назначения и территории транспортной инфраструктуры города Москвы и города Подольска, в целом характеризуются нейтральной реакцией среды, содержанием органического углерода существенно ниже нормативных значений, высокой обеспеченностью доступного фосфора и повышенным содержанием подвижного (обменного) калия.
3. Установлены повышенные (более ПДК) концентрации тяжелых металлов в почвах каждого исследуемого локального участка г. Москвы и г. Подольска. Обращает на себя внимание значительное варьирование содержания токсикантов в пределах каждого из участков, что следует признать достаточно характерным признаком городских почв, подверженных различным видам антропогенного воздействия (аэрогенное загрязнение, формирование почвенного тела с использованием загрязненных почвогрунтов и грунтов и т.д.) и отличающихся контрастностью техногенных свойств.
4. Применение балансового метода прогнозирования показало крайне низкую степень накопления тяжелых металлов в почвах локальных участков г. Москвы и г. Подольска.
5. Для большинства исследуемых участков была определена усредненная категория степени выраженности экологического риска (СВЭР) «средняя», однако в ряде случаев рассчитаны высокие значения СВЭР (категория «чрезвычайная»).
6. Установлен значительный разброс значений стоимости рекультивационных работ (фактического ущерба) на исследуемых участках: от 45 327,65 руб. для участка «Подольск-1» до 777 191,62 руб. для участка «Филевский парк». Столь существенная разница в стоимости необходимых мероприятий между участками

объясняется, главным образом, в различиях по содержанию тяжелых металлов в почвах

7. Степень реализации вероятного ущерба почв варьирует от «Очень слабой» для участка «Подольск-1» до «Высокой» для участка «Филевский парк».

8. Существенное различие между результатами прогноза загрязнения почв городских участков, полученными эколого-экономическим и балансовым методами, обусловлено недоучетом в последнем методе таких факторов поступления тяжелых металлов в городские почвы, как хозяйственная деятельность по благоустройству территорий, обработка объектов автомобильного и железнодорожного транспорта противогололедными материалами и т.д.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алехин В.В. Растительность и геоботанические районы Московской и сопредельных областей. М.: изд-во МОИП, 1947. 69 с.
2. Алымов В.Т., Тарасова Н.П. Техногенный риск. Анализ и оценка. Учебное пособие для вузов - М: ИКЦ «Академкнига», 2005 - 113 с.
3. Аринушкина Е.В. Руководство по химическому анализу почв. М., Изд. МГУ, 1961.
4. Бакоев С.Ю. Оценка экологической устойчивости почв Нижнего Дона к загрязнению тяжелыми металлами. Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. биол. наук. Ростов-на-Дону: 2012. 24 с.
5. Башкин В. Н. Экологические риски. Расчет, управление, страхование. М.: Высшая школа, 2007. -360 с.
6. Белобров В.П., Замотаев И.В., Овечкин С.В. География почв с основами почвоведения. - М.: Академия, 2004.
7. Бендат Дж., Пирсол А. Измерение и анализ случайных процессов. МИР, 1971. - 408 с.
8. Берзин, А.Я. Загрязнение металлами растений в придорожных зонах автомагистралей / А.Я. Берзин // Загрязнение природной среды выбросами автотранспорта. -Рига: Зинатне, 1980. — С.28-45.
9. Большаков, В.А. Загрязнение почв и растительности тяжелыми металлами / В.А. Большаков, Н.Я. Гальпер, Г.А. Клименко, Т.Н. Лычкина. - М.: Гидрометеиздат, 1978.-49 с.
10. Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Д. Мониторинг загрязнения снежного покрова. Л. Гидрометеиздат, 1985. 181 с.
11. Васильевская В.Д. Проблемы и опыт составления карт устойчивости почвенного покрова к антропогенным воздействиям // Биологические науки. 1990. №9. С. 51-59.
12. Вертинская Г.К. Методика отбора проб почвы при контроле загрязнения окружающей среды металлами / Г.К. Вертинская, С.Г. Малахов, Э.П. Махонько // Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах : тр. V Всесоюз. совещ. - Л., 1989. - С. 94-100.
13. Виноградов Б.В. Основы ландшафтной экологии. М.:ГЕОС, 1998. 418 с.

14. Воробейчик Е.Л. Экологическое нормирование токсических нагрузок на наземные экосистемы // Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Екатеринбург, 2004. 48 с.
15. Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонов М.Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем. Екатеринбург: Наука, 1994. 280 с.
16. Временные методические рекомендации по контролю загрязнения почв. М.: Гидрометеиздат. Ч. 2. 1984.
17. Гаврилюк Ф.Я. История оценки земель и методы бонитировки почв СССР// Почвоведение. 1977 №4 .
18. Гендугов В.М., Глазунов Г.П., Евдокимова М.В. Макрокинетика микробных популяций в почве// Вестник Московского университета. Серия 17. Почвоведение. 2010. №3.С. 35-39.
19. Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация. Смоленск: Ойкумена, 2003.
20. Гихман И. И., Скороход А. В. Введение в теорию случайных процессов. 2-е изд. М. : 1977. - 568 с. (переиздание)
21. Глазовская, М.А. Ландшафтно-геохимические системы и их устойчивость к техногенезу / М.А. Глазовская // Биогеохимические циклы в биосфере - М.: Наука, 1976. - С.99-118.
22. Глазовская, М.А. Теория геохимии ландшафтов в приложении к изучению техногенных потоков рассеяния и анализу способности природных систем.к самоочищению / М.А. Глазовская// Техногенные потоки вещества в ландшафте и состояние экосистем. - М.: Наука, 1981. - С.7-41.
23. Глазовская, М.А. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М.: Высшая школа, 1988. - 328 с.
24. Глазовская, М.А. Биогеохимическая организованность экологического пространства в природных и антропогенных ландшафтах и критерий их устойчивости / М.А. Глазовская // Изв. РАН. Сер. географ, 1992. - №5.-С.5-12.
25. ГОСТ 17.0.02-79 Охрана природы. Метрологическое обеспечения контроля загрязнённости атмосферы, поверхностных вод и почвы.

26. ГОСТ 17.1.4.01-80 Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к методам определения нефтепродуктов в природных и сточных водах. - М. : Изд-во стандартов, 1981. - 4 с.
27. ГОСТ 17.4.1.02,-83 Охрана природы. Почвы. Классификация химических веществ для контроля загрязнения. - М.: Изд-во стандартов, 1984. - 8 с.
28. ГОСТ 17.4.1.02-83 Охрана природы. Почвы. Классификация химических элементов для контроля загрязнения.
29. ГОСТ 17.4.3.01.-83 Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб. - М.: Изд-во стандартов, 1984. - 4 с
30. ГОСТ Р 14.09-2005 Экологический менеджмент. Руководство по оценке риска в области экологического менеджмента.
31. Гродзинский М.Д. Эмпирические и формально-статистические методы определения допустимых и нормальных состояний геосистем // Нормативные подходы к определению норм нагрузок на ландшафты. М., 1988.
32. Гучок М.В. , Корректировка кадастровой стоимости земель г. Москвы на основе сведений об экологическом состоянии почвенного покрова (на примере ЗАО, СВАО и ЮВАО). Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. биол. наук. М.: 2009. -24 с.
33. Дмитриев Е. А. Математическая статистика в почвоведении. М., Изд. МГУ, 1995. 320 с.
34. Добровольский Г.В. Экология и почвоведение // Почвоведение. 1989. №12. С.5-12.
35. Добровольский Г.В. Никитин Е.Д. Экологические функции почвы. М.: Изд-во МГУ, 1986. 137 с.
36. Добровольский Г. В., Никитин Е. Д. Экология почв. М., Изд. МГУ, 2006
37. Доклад «О состоянии окружающей среды в Москве в 2007 году», 2007.
38. Доклад «О состоянии окружающей среды в городе Москве в 2014 году»/Под ред. А.О. Кульбачевского. М.: ДПиООС; НИА-Природа, 2015. 384 с.
39. Докучаев В.В. Главные моменты в истории оценок земель Европейской России.//Избранные сочинения. Т. 4. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1950
40. Закон города Москвы «О городских почвах» от 04.07.2007 №31.
41. Инженерная экология под общ. ред. И. И. Мазура. М., Высш. шк. 1996.

42. Измалков В.Н., Измалков А.В. Безопасность и риск при техногенных воздействиях. М. МЧС, 1995.
43. Ильин В. Б. Оценка буферности почв по отношению к тяжелым металлам // Агрохимия. 1995. № 10. С. 109–113
44. Кавтарадзе Д.Н. Конструктивно–экологические аспекты сохранения биосферы и урбанизированные регионы. Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 1993.
45. Карманов И.И. Научные основы и методика расчета цен на почвы и земельные участки // Вести, с.-х. науки. 1989. № 3.
46. Касти Дж. Большие системы: Связность, сложность и катастрофы. М., 1982.
47. Ковда, В.А. Великий круговорот / В.А. Ковда // Человек и природа, 1976.- №1.- С. 7-71.
48. Ковда В.А. Биогеохимия почвенного покрова. М.:Наука, 1985. 212 с.
49. Контроль химических и биологических параметров окружающей среды / Под редакцией Исаева Л.К. Санкт-Петербург: Крисмас+, 1998.
50. Кочуров Б.И. Экологический риск и возникновение острых экологических ситуаций//Известия РАН, сер. геогр. 1992. №2.
51. Кочуров Б.И., Антипова А.В., Денисова Т.Б. Изучение и прогнозирование глобальных, региональных и локальных экологических ситуаций (на примере СССР)//Глобальные изменения и региональные взаимосвязи: географический анализ. М.: ИГАН СССР, 1992
52. Кофф Г.Л., Гусев А.А., Воробьев Ю.Л., Козьменко С.Н. Оценка последствий чрезвычайных ситуаций. М.: Изд-во РЭФИА, 1997. 145 с.
53. Кошелева Н.Е. Моделирование почвенных и ландшафтно-геохимических процессов. М.: Изд-во МГУ, 1997. 109 с.
54. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия, МПР РФ, 1992.
55. Легасов В.А., Демин В.Ф., Шевелев Я.В. Экономика безопасности ядерной энергетики.М.: ИАЭ-4072-3, 1984. 49 с.
56. Лубкова Т.Н. Оценка и прогноз техногенного загрязнения локальных экосистем химическими элементами на основе балансовых расчетов. Дисс. ...канд. геол.-минерал. наук. М., 2007. 172 с.

57. Мазур И.И., Молдаванов О.И., Шишов В.Н. Инженерная экология. Общий курс: В 2 т. Т. 2. Справочное пособие / Под ред. И.И. Мазура.- М.: Высш. Шк., 1996.- 655 с.
58. Макаров О.А. Почему нужно оценивать почву (состояние, качество почвы: оценка, нормирование, управление, сертификация). – М.: Издательство МГУ, 2003. 259 с.
59. Макаров О.А. Состояние почвы как объект экологического нормирования окружающей природной среды. Автореф. дис. ...д-ра биол. наук. М.:, 2002. 46 с.
60. Макаров О.А. Как проводить обследование земельного участка. Смоленск: Ойкумена, 2005. 100 с.
61. Макаров О.А., Каманина И.З. Экономическая оценка и сертификация почв и земель. Учебное пособие для ВУЗов. М.: МАКС Пресс, 2008. 240 с.
62. Макаров О.А., Редько М.В., Гучок М.В. Эколого-экономическая и эколого-бонитировочная оценка почв и земель Московского региона. М.: МАКС Пресс, 2011. – 264 с.
63. Макаров О.А., Тюменцев И.В., Кузнецова Т.Н. Опыт экологического нормирования окружающей природной среды Московской области// Экология и промышленность России. 2001. Июнь. С. 30 - 32.
64. Макаров О.А., Савватеева О.А., Каманина И.З., Нисифорова И.А. Проблемы оценки экологических рисков для окружающей среды и населения: Учебное пособие. – М.: МАКС Пресс, 2014. – 286 с.
65. Методика исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды. Утверждена приказом Минприроды России от 8 июля 2010 г. № 238.
66. Методика определения размеров ущерба от деградации почв и земель. М., 1994. (Утверждена Минприроды России и Роскомземом). 31с.
67. Методика определения размеров ущерба от деградации почв и земель // Сборник нормативных актов «Охрана почв». М.:РЭФИА, 1996.
68. Методика оценки воздействия противогололёдных материалов на почвы и зелёные насаждения города Москвы, 2007.

69. Методические рекомендации по проведению полевых и лабораторных исследований почв и растений при контроле загрязнения окружающей среды металлами. Гидрометеиздат, 1981.
70. Методические рекомендации МР № 01-19/17-17 от 26.02. 1999г. «Комплексное определение антропогенной нагрузки на водные объекты, почву, атмосферный воздух в районах селитебного освоения».
71. Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель // Сборник нормативных актов «Охрана почв». – М.: изд-во РЭФИА, 1996.
72. Минкина Т.М., Пинский Д.Л., Самохин А.П., Статовой А.А. Поглощение меди, цинка и свинца черноземом обыкновенным при моно- и полиэлементном загрязнении // Агрохимия. - 2005. - № 8. - С. 58-64.
73. Мотузова Г.В. Устойчивость почв к химическому воздействию. - М.: Изд-во МГУ, 2000. - 57 с.
74. Мурзин Н.В., Быков А.А.. Расчет ущерба для природных сообществ и риска для экосистем от воздействия отравляющих и токсичных веществ. // Вопросы анализа и управления риском», 2003, т. 1, № 1. С. 32-50
75. Н.В. Мурзин, В.Н. Лысцов, А.А. Быков. Оценка воздействия отравляющих и токсичных веществ на экосистемы. // Вопросы анализа и управления риском», 2003, т. 1, № 1. С. 51-78.
76. Никифорова Е.М. Геохимическая оценка загрязнения тяжелыми металлами почв и растений городских экосистем Перовского района Москвы / Е.М. Никифорова, Г.Г. Лазукова // Вестн. Московск. ун-та Сер. 5, География. - 1991.- №3.-С. 44-53.
77. Общие требования к аккредитации органов по оценке риска ОР 102-07.
78. Овчинникова И.Н. Экологический риск и загрязнение почв. - М.: Альтекс, 2003.
79. Орлов Д.С. Химия почв. М.: Изд-во МГУ, 1985.
80. Осипов Ю.Б., Дымов Д.Е., Зилинг Д.Г., Куценко В.В., Шевчук А.В. Управление природоохранной деятельностью в Российской Федерации. М.: Изд-во МГУ, 2001. 438 с
81. Оценка и управление природными рисками (под ред. Рагозина А.Л.). М.: Анкил, 2000.

82. Оценка земельных ресурсов. Уч. пособие. Под ред. В. П. Антонова и П.Ф. Лойко. М.: Ин-т оценки природных ресурсов, 1999. 364 с.
83. Оценка экологического состояния почвенно-земельных ресурсов и окружающей природной среды Московской области./ Под общей редакцией академика РАН Г.В. Добровольского, члена-корреспондента РАН С.А. Шобы. М.: Изд-во МГУ, 2000. 221 с.
84. Перелет Р.А., Сергеев Г.С. Технологический риск и обеспечение безопасности производства. М.: Знание, 1988. 64 с.
85. Полевое обследование и картографирование уровня загрязнения почвенного покрова техногенными выбросами через атмосферу (Методические указания). ВАСХНИЛ, Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 1980
86. Порядок контроля за состоянием почв и состоянием завозимых в Москву почвогрунтов и их компонентов, используемых на объектах благоустройства и озеленения, №514-ПП от 27.07.2004г.
87. Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами. М., 1993. (Утвержден Минприроды России и Роскомземом). 29с.
88. Постановление Правительства РФ от 15.03.97 № 319 «О порядке определения нормативной цены земли»
89. Постановление Правительства Москвы от 27 июля 2004 г. №514-ПП «О повышении качества почвогрунтов в городе Москве»
90. Почва. Город. Экология. М.: Фонд «За экономическую грамотность», 1997. 320 с.
91. Природно-техногенные воздействия на земельный фонд России и страхование имущественных интересов участников земельного рынка / Под ред. Л.Л. Шишова, Е.И. Путилина, Д.С. Булгакова, И.И. Карманова. М., 2000. 252 с.
92. Прокофьева Т.В. Городские почвы, запечатанные дорожными покрытиями: на примере г. Москвы. Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.00.27 - почвоведение. М.: Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 1998. 153 с.
93. Просенков В.И. Изменение температуры и минерализации подземных вод на территории Москвы//Разведка и охрана недр. 1974. № 12.

94. Проценко А.Н., Махутов Н.А., Артемьев А.Е. Безопасность населения и окружающей среды Москвы: исследования и проблемы уравнения // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. Вып. 2. М.: ВИНТИ, 1997.
95. Р 2.1.10.1920-04 «Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду».
96. РД 52.18.289-90. Методические указания «Методика выполнения измерений массовой доли подвижных форм металлов (меди, свинца, цинка, никеля, кадмия, кобальта, хрома, марганца) в пробах почвы атомно-абсорбционным анализом».
97. Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник. М.: Мысль, 1990. 637 с.
98. Реймерс Н.Ф., Яблоков А.В. Словарь терминов и понятий, связанных с охраной живой природы. М.: Наука, 1982.
99. Ренн О. Три десятилетия исследования риска: достижения и новые горизонты // Вопросы анализа риска. 1999. Т. 1. № 1. С. 80–99.
100. Савватеева О.А. Оценка экологических рисков малых городов Московской области (на примере г. Дубны). Автореферат на соискание ученой степени кандидата биологических наук. М.: РУДН, 2005.
101. Сает Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990. 335с.
102. СанПиН 4266-87 «Методические указания по оценке степени опасности загрязнения почвы химическими веществами». М., 1987.
103. Саушкин Ю. Г. Москва, М., Изд. Географгиз, 1955.
104. Светлосанов В.А. Устойчивость и стабильность природных экосистем // Итоги науки и техники. Сер. Теоретические и общие вопросы географии. Т.8. 1990.
105. Смагин А.В., Шоба С.А., Макаров О.А. Экологическая оценка почвенных ресурсов и технологии их воспроизводства (на примере г. Москва). М.: Изд-во Моск. ун-та, 2008. 360с.
106. Снакин В.В. Экология и охрана природы. Словарь-справочник // Под ред. академика А.Л. Яншина. М.: Academia, 2000. 384 с.
107. Снакин В.В., Мельченко В.Е., Бутовский Р.О. и др. Оценка состояния и устойчивости экосистем. М. 1992.

- 108.Сынзыныс Б.И., Тянтова Е.Н., Мелехова О.П. Экологический риск. Логос, 2005. - 167 с.
- 109.Тайчинов С.Н. Система качественной оценки почвы//Почвоведение. 1971. №1.
- 110.Тумин Г.М. Оценка почв// Труды каменностепной станции. 1925. Вып. 11. №5. Воронеж.
- 111.Тяжелые металлы в окружающей среде : сб. науч. тр. - М., 1980. - С. 63-69.
- 112.Федеральный закон Российской Федерации от 10 января 2002 года № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».
- 113.Федеральный закон Российской Федерации от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения».
- 114.Федоров В.Д. Проблема предельно допустимых воздействий антропогенного фактора с позиции эколога // Всесторонний анализ окружающей природной среды. Л.: Гидрометеиздат, 1976.
- 115.ФР.1.29.2006.02149 «Методика выполнения измерений содержания элементов в твёрдых объектах методами спектрометрии с индуктивно связанной плазмой».
- 116.Шахрамьян М.А. Оценка сейсмического риска и прогноз последствий землетрясений в задачах спасения населения: теория и практика / ВНИИ ГОЧС. М., 2000. 189 с.
- 117.Швыряев А.А., Меньшиков В.В. Оценка риска воздействия загрязнения атмосферы в исследуемом регионе: Учебное пособие для вузов. – М.: Изд-во МГУ, 2004. – 124с.
- 118.Экологический энциклопедический словарь. М.: Ноосфера, 1999. 930 с.
- 119.Яковлев А.С., Макаров О.А. Экологическая оценка, экологическое нормирование и рекультивация земель: основные термины и определения// Использование и охрана природных ресурсов в России. 2006. №3. С. 64-70.
- 120.Яковлев А.С., Евдокимова М.В. Экологическое нормирование качества почв и управление их качеством//Почвоведение. 2011. №5. С. 582-596.
- 121.Barnthouse L. 2008. The strengths of the ecological risk assessment process: Linking science to decision making. Integr Environ Assess Manag 4:299–305.
- 122.Cairns J. and Niederlehner B. R. Ecological Function and Resilience: Neglected Criteria for Environmental Impact Assessment and Ecological Risk Analysis. The Environmental Professional, vol. 15.1993.

- 123.C.S. Qu, W. Chen, J. Bi*, L. Huang, F.Y. Li. Ecological risk assessment of pesticide residues in Taihu Lake wetland, China. *Ecological Modelling* 222 (2011) 287–292.
- 124.Damian Shea, Waverly Thorsen. *Ecological Risk Assessment. Progress in Molecular Biology and Translational Science, Volume 112.* 323-348.
- 125.Daniel T. McGrath. Urban Industrial Land Redevelopment and Contamination Risk. *Journal of Urban Economics* 47, 2000.
- 126.Gary A. Pascoe, Richard J. Blanchet and Greg Linder. Ecological risk assessment of a metals-contaminated wetland: reducing uncertainty. *The Science of the Total Environment*. 1993. 1715-1728.
- 127.Jan Ahlers, Wolfgang Koch, Annette Marschner and Gerd Welter. Environmental hazard assessment of existing chemicals. *The Science of the Total Environment*. 1993. 1587-1596.
- 128.Karin Mathes and Gerd Winter. Ecological risk assessment and the regulation of chemicals: III. Balancing risks and benefits. *The Science of the Total Environment, Supplement* 1993. 1679-1687.
- 129.Lee N. and Walsh F. *Strategic Environmental Assessment: An Overview, Project Appraisal* 7(3). 1992.
- 130.McCormick N. J. *Reliability and risk analysis. Methods and Nuclear power application.* - London, Academic press Inc., 1981 N. J. McCormick (1981).
- 131.Nilsson J. (ed) *Critical loads for nitrogen and sulfur. Report 1986: 11*, Copenhagen, Denmark, Nordic Council of Ministers, 1986.
- 132.*Risk Assessment Worksheet and Management Plan. A comprehensive guide to risk assessment in project management, includes template – By John Filicetti*. Shaoqing Chen, Brian D. Fath, Bin Chen. *Information-based Network Environ Analysis: A system perspective for ecological risk assessment. Ecological Indicators* 11 (2011) 1664–1672.
- 133.Van De Meent, D. *Environmental chemistry: instrument in ecological risk assessment.* In H.A.M. De Kruijff, D., De Zwart, P.K. Ray and P.N. Viswanathan. eds., *manual on Aquatic Ecotoxicology.* Kluwer Academic Press, Dordrecht, The Netherlands, 1988, pp. 31-35.
- 134.Virginia H Dale, A Gregory R Biddinger, Michael C Newman, James T Oris, Glenn W Suter, Timothy Thompson, Thomas M Armitage, Judith L Meyer, Richelle M

- Allen-King, G Allen Burton, Peter M Chapman, Loveday L Conquest, Ivan J Fernandez, Wayne G Landis, Lawrence L Master, William J Mitsch, Thomas C Mueller, Charles F Rabeni, Amanda D Rodewald, James G Sanders, and Ivor L van Heerden. Enhancing the Ecological Risk Assessment Process. Integrated Environmental Assessment and Management – Volume 4, Number 3–pp. 306–313. 2008.
135. Viskari E.L., Rekila R., Roy S., Lehto O., Ruuskanen J. & Karenlampi L. Airborne pollutants along a roadside: assessment using snow analyses and moss bags// Environment Pollution. 1997. vol. 97, № 1-2, pp. 153-160.
136. Guidelines for Ecological Risk Assessment. U.S. Environmental Protection Agency Washington, DC. 1998.