

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Алтайский государственный университет»

Институт биологии и биотехнологии  
Кафедра экологии, биохимии и биотехнологии

**АНТРОПОГЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОЧВ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ  
ТЕРРИТОРИЯХ**

выпускная квалификационная работа  
(бакалаврская работа)

Выполнила: студентка  
4 курса, группы 764  
Бондарь Александра Владимировна

\_\_\_\_\_

Научный руководитель:  
Проф., д.б.н.  
Соколова Галина Геннадьевна

\_\_\_\_\_

Допустить к защите:  
зав. кафедрой Соколова Г.Г.

\_\_\_\_\_

Выпускная квалификационная  
работа защищена

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 г.

Оценка \_\_\_\_\_

Председатель ГЭК  
Пузанов А.В.

\_\_\_\_\_

Барнаул 2020

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
ГЛАВА 1. ЕСТЕСТВЕННЫЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ ПОЧВЫ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ.....	5
1.1. Естественные почвы.....	5
1.2. Антропогенно-преобразованные почвы.....	8
1.3. Техногенные поверхностные образования.....	11
1.4. Культурные ландшафты.....	15
ГЛАВА 2. УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И СОСТАВ ГОРОДСКИХ ПОЧВ.....	20
2.1. Физико-химические свойства почв.....	21
2.2. Органическое вещество почв.....	23
2.3. Почвенные микроорганизмы.....	26
2.4. Растительность.....	28
ГЛАВА 3. НЕГАТИВНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОЧВ В УРБОЭКОСИСТЕМАХ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЯ.....	32
3.1. Механические изменения.....	33
3.2. Физические изменения.....	37
3.3. Химические изменения.....	41
3.4. Биологические изменения.....	45
ГЛАВА 4. МОНИТОРИНГ ГОРОДСКИХ ПОЧВ, ИХ ОХРАНА И ВОССТАНОВЛЕНИЕ.....	48
4.1. Мониторинг химического загрязнения почв.....	48
4.2. Восстановление и охрана почв.....	53
ВЫВОДЫ.....	58
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	60

## ВВЕДЕНИЕ

В современном мире процессы урбанизации становятся все интенсивнее, число городов и их масштабы постоянно увеличиваются. В настоящее время почвы урбанизированных территорий в основном не рассматриваются, как природное тело, а принимаются как грунт, объект для озеленения и т.д. Особенно эта проблема более заметно проявляется в районах новостроек, в условия освоения территорий после строительства, в результате чего происходят значительные изменения структуры почвенного покрова, а также изменению подвержены и свойства почвы (Яковлев. и др., 2010).

В результате регулярного антропогенного воздействия в городских почвах развиваются негативные процессы, влияющие на нарушение почвенного покрова, переуплотнения, химического и биологического загрязнения, сокращение биоразнообразия. Важную роль в появлении неблагоприятных процессов играет захламление поверхность городских почв строительным мусором.

Одним из распространенных видов загрязнения является поступление в почву городов тяжелых металлов, химических элементов. Такие загрязнения оказывают отрицательное влияние на химический состав почв. Попадая в почву тяжелые металлы, вступают во все процессы, возникающие в ней. Затрагиваются все главные функции, выполняющие почвой, а также попадают во все основные циклы миграции, происходящие в биосфере. Важность проблемы загрязнения почв химическими элементами заключается в том, что почвы являются природным накопителем тяжелых металлов в окружающей среде и основным источником загрязнения (Соколов и др., 1999).

Увеличение техногенной нагрузки на окружающую среду приводит к появлению в черте города зон с критической экологической ситуацией. Эти проблемы требуют осуществления комплексного контроля состояния

окружающей естественной среды, приведения исследований, позволяющих не только выявить и оценить опасность загрязнения, но и установить тенденций и скорость с происходящих изменений.

**Цель работы:** проанализировать антропогенные изменения почв на урбанизированных территориях.

В соответствии с целью были поставлены следующие задачи:

1. Охарактеризовать естественные и антропогенные почвы урбанизированных территорий.
2. Изучить условия формирования и состав городских почв.
3. Описать негативные изменения почв в урбозкосистемах и их последствия;
4. Выявить особенности мониторинга городских почв и предложить пути их восстановления и охраны.

# ГЛАВА 1. ЕСТЕСТВЕННЫЕ И АНТРОПОГЕННЫЕ ПОЧВЫ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

## 1.1. Естественные почвы

Природные грунты представляют собой природные или природно-антропогенные твердофазные тела, экспонированные на плоскости земли и преобразованные в результате долголетнего взаимодействия процессов дифференциации начального минерального и органического материала в горизонты (Лебедева и др., 2011). Природные почвы городов чаще всего находятся глубоко под поверхностью, причем не только под асфальтом, но еще и под неоднородными по мощности антропогенными слоями. Если присутствует древесная растительность или только выравнивается поверхность, то нарушается лишь только верхний слой почвенного профиля. При сельскохозяйственной обработке почв происходит сильное и продолжительное перемешивание верхних слоев, при этом образуются так называемые агроестественные почвы (Лебедева и др., 2011).

В городах формируются органогенные и органоминеральные почвы, относящиеся к различным стволам (Егоров, 1977; Классификации ..., 2004):

1. Ствол постлитогенных основ, для которого характерно почвообразование на сформировавшейся минеральной почвообразующей породе при ненарушении отложения свежего материала.
2. Синлитогенный ствол, для которого характерно одновременное протекание процессов почвообразования и с осадконакопления.
3. Ствол органогенных основ, который объединяет почвы, профиль которых состоит из торфа различной степени разложения и ботанического состава.

**Ствол постлитогенных основ.** Сюда относятся почвы, в которых процесс почвообразования идет на сложившейся минеральной

почвообразующей породе; аккумуляция свежего материала отсутствует или малозначительна, на строении профиля не отображается (рис. 1).

Таблица 1

Характеристика почв ствола постлитогенных основ (Классификация ..., 2004)

Отделы	Характеристика		
	зона	структура	Окраска
Текстурно-дифференцированные почвы	таежная	ореховато-призматическая	коричневато-бурая
Альфегумусовые почвы	таежная и тундровая	песчаная	коричневая
Железисто-метаморфические почвы	средне- и южнотаежная	округлая гранулированная	ржаво-бурая
Структурно-метаморфические почвы	лесная	комковатая	в отличие от других почв окраска более яркая.
Криометаморфические почвы	таежная	рассыпчатая	серовато грязная
Палео-метаморфические.	все зоны	комковатая	Сероватая
Криогенные почвы (криозёмы)	тундровая	безструктурная	серовато-бурые
Глеевые почвы	все зоны	комковато-глинистая с глинистым горизонтом	зеленоватая, голубовато-коричневая, коричневаторумяная, темно-серая
Аккумулятивно-гумусовые	поймы рек	грубая, близко к ореховатой	светлую окраску
Светлогумусовые аккумулятивно-карбонатные почвы	степная	непрочная комковатая	буроватая или с рыжеватым оттенком.
Щелочно-глинисто-дифференцированные почвы	все зоны	рыхлая комковато-чешуйчато-листовая	коричневато-бурая
Галоморфные почвы	сухая степная	рыхлая и хрупкая.	от светлой бурой до серой темно-серой.
Гидрометаморфические почвы	лесостепной зоне	творожистая	оливковая окраска
Органно-аккумулятивные почвы	все зоны	рыхлая	темно-серая
Элювиальные почвы	таежная	неоднородная	светлый с сероватым или буроватым оттенком
Литоземы	все зоны	рыхлая комковатая	темный цвет
Слаборазвитые почвы			
Абраземы	альпийская	бесструктурная	сизого или голубовато-сизого цвета
Агроабраземы	все зоны	непрочная глыбисто-комковатая	сизого или голубовато-сизого цвета
Агроземы	лесная	комковато-порошковая или комковато-глыбистая, слабо водопрочная	темно-серая
Турбированные почвы	все зоны	устойчивая	темная окраска

В зависимости от сочетания естественных факторов почвообразования и возраста пород, а также в зависимости от влияния антропогенной деятельности данные почвы объединяются в несколько отделов (Егоров, 1977):

- текстурно-дифференцированные почвы;
- альфегумусовые;
- железисто-метаморфические;
- структурно-метаморфические;
- буроземы;
- криометаморфические;
- палево-метаморфические;
- криогенные (криозёмы);
- глеевые почвы;
- аккумулятивно-гумусовые;
- светлогумусовые аккумулятивно-карбонатные малогумусовые;
- щелочноглинисто-дифференцированные
- галоморфные почвы;
- гидрометаморфические;
- органно-аккумулятивные;
- элювиальные почвы;
- литозёмы;
- слаборазвитые почвы;
- абразёмы
- агроабразёмы;
- агрозёмы;
- турбированные.

**Синлитогенный ствол.** В таких почвах процессы почвообразования происходят одновременно с седиментацией, что приводит к омолаживанию субстрата и отражается на почвенном профиле. В такой ствол входит 4 отдела (табл. 2):

- аллювиальные почвы;
- вулканические почвы;
- стратоземы;
- слабо развитые почвы.

Таблица 2

Характеристика почв синлитогенного ствола (Классификация ..., 2004)

Отделы	Характеристика		
	зона	структура	Окраска
аллювиальные	в зонах с кратковременным затоплением	комковатая	буровато-серая
вулканические	в зонах с активной вулканической деятельностью с выбросом пепла	слоистая структура	бурая
стратоземы	в зонах с активной водной эрозией		серая или темная окраска
слабо развитые	в зонах с суровым климатом или активным осадконакоплением		темно-коричневая окраска

**Ствол органогенных основ.** Сюда относятся почвы, профиль которых (весь или наибольшая его доля) складывается из торфа разной степени разложения и ботанического состава. В такой ствол входит всего 2 отдела:

- торфяные почвы;
- торфозёмы.

### 1.2. Антропогенно-преобразованные почвы

В городской среде образование антропогенно-преобразованных почв произошло в связи с процессами урбанизации (Сапожников, 1996).

Их образование на урбанизированных территориях определяется новейшей системой слоев, которые непосредственно не схожи с системой горизонтов естественных земель. Новая система горизонтов произошла в результате воздействия антропогенных процессов (Тонконогов и др., 1990). Такие почвы имеют иные процессы трансформации, что приводят к меняющемуся режиму и структуре антропогенных почв. Выраженность трансформации антропогенно-преобразованных почв не однородна. Процесс



трансформации при антропогенном воздействии, влияют на изменчивость оснований гумуса, чаще всего может наблюдаться снижение содержания гумуса. Такой процесс происходит наиболее интенсивно (Мамонтов и др., 2011). Вычисляющими основаниями могут явиться как интенсивность, так и продолжительность воздействия процессов. Качество антропогенно-образованных почв в среде играют особую роль.

Среди антропогенно-образованных почв есть так называемые агрогенные почвы, которые формируются под влиянием интенсивного и длительного применения минеральных удобрений. В агрогенных почвах, в результате воздействия антропогенных процессов, в большой степени образуется новейший верхний поверхностный слой – агрогоризонт. Агрогоризонт формирует другую структуру почвы и изменяет ее водно-воздушный и тепловой режимы. Биологические показатели такой почвы также претерпевают изменения (Хитров, 1998).

Вследствие того, что такие почвы часто подвержены механической обработке, а также перемещению слоев, они активно гомогенизируются (Еремин и др., 2015). Составная часть питания таких почв также претерпевает изменения, в результате чего происходит снижение содержания источников питания и снижение содержания подвижных форм питательных веществ (Ковда и др., 1988).

Профиль антропогенно-преобразованных почв видоизменился под действием техногенной химической агрессии, в конечном итоге почвы испытывают сильное техногенное химическое загрязнение. Согласно классификации и диагностике почв России (Классификация ..., 2004), они делятся на хемоземы и химически-преобразованные почвы.

Почвы хемоземов определяются исключительно по химическим показателям. В то же самое время, по принятым стандартам, степень химического загрязнения таких почв оценивается как крайне опасный. Повышенный уровень загрязнения почв химическими агентами вызывает резкое изменение состава почвенных компонентов поглощающего комплекса

и влияет на состав почвенной биоты, вплоть до ее частичного или полного разрушения (Стома, 2012). Такие изменения могут привести к изменению морфологического профиля или нарушить систему генетических горизонтов на длительное время. Сортировка таких почв возможна по виду и степени их загрязнения (табл. 3).

Таблица 3

Характеристика почв по типу и степени их загрязнения  
(Классификации..., 2004)

Тип	Подтип
Хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Ni по аллювиальной серо-гумусовой почве	Хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Ni по аллювиальной серо-гумусовой типичной почве Хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Ni по аллювиальной серо-гумусовой глееватой почве
Хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Ni по аллювиальной слоистой почве	Хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Ni по аллювиальной слоистой типичной почве Хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Ni по аллювиальной слоистой глееватой почве

Определение химически-преобразованных почв происходит по появлению в профиле морфологических преобразований, которые были вызваны воздействием химического агрессивного вещества, что приводит к частому расслоению и сильному химическому загрязнению, а также образуются новые горизонты (Степанова и др., 2015). Такой профиль не обусловлен естественными аналогами. Перестройка почвенного профиля происходит при сочетании процессов значительного изменения характера миграции веществ и гумусообразования.

Антропогенно-преобразованные почвы в зависимости от физико-механических перестроек и изменений вследствие химического загрязнения, делятся на две группы. К первой группе относятся урбаноземы, культуроземы, экраноземы, некроноземы; ко второй группе относятся индустриоземы и интруземы.

**Урбаноземы.** Такие почвы наблюдаются на городских территориях, где замечены длительные и активные строительные работы. Они преобразованы градостроительными работами (Муха, 2004).

**Культуроземы.** Почвы такого отдела отличаются значительными показателями плодородия. Занимают территории садов, парков, которые находятся на территории города. Такая группа почв обладает гумусовым и перегнойным горизонтом.

**Некрозоемы.** Почвы занимают территории кладбищ, которые расползаются в основном на концах городских территорий.

**Индустриоземы.** Почвы такого типа обладают бесструктурностью и присутствием переуплотнения. Это почвы промышленных предприятий, обусловлены активными физическими изменениями, а также высоким уровнем химического загрязнения.

**Интруземы.** Образованы такие почвы в итоге бесхозяйственной деятельностью человека, в результате чего в почвы попадает огромное количество загрязняющих веществ.

### **1.3. Техногенные поверхностные образования**

Значительные по размеру территории в городах занимают в основном техногенные поверхностные образования. Помимо них, на таких территориях также могут образоваться непочвенные новообразования, которые могут выходить на поверхностные плоскости в течении всего дня, например, рыхлые пески и т.д. Техногенные поверхностные образования обусловлены поступлением остаточных материалов, поступающими в результате деятельностью человека. Поверхностные образования лежат на поверхностях плоскости почв, и тем самым играют основную роль в экосистеме, но такие образования не являются почвами. По мнению Докучаева В.В. (1953) техногенные поверхностные образования еще не сформировали генетический слой

Основной определяющей характеристикой техногенных поверхностных почв является вещественный состав субстрата, которые составляют такие новообразования. От такого состава зависит искусственное

и природное происхождения образований, а также их химический состав. У техногенных поверхностных почв есть внешнее сходство с почвами и есть различия: горизонты техногенных поверхностных образований горизонты не рассматриваются по сравнению с почвами.

Группы техногенных поверхностных почв отличаются способностью материала к последующему хозяйственному использованию и возобновлению почвообразования во время заселения разной растительностью, обводнении, внесении естественного или искусственного материала.

Выделение подгрупп внутри группы поверхностных образований обусловлено качеством материального состава, включающего вещества минерального, органического, смешанного и др. происхождений. В наиболее редких случаях в состав таких поверхностных образований включаются естественный или искусственный материал техногенных поверхностных образований.

Техногенные поверхностные образования подразделяются на (Классификации почв, 2004) квазиземы, натурфабрикаты, артифабрикаты, токсифабрикаты (табл. 4):

Таблица 4

Классификация техногенных поверхностных образований

Группа	Подгруппа
Квазиземы	Реплантоземы; Урбиквазиземы
Натурфабрикаты	Абралиты; Литостраты; Органостраты; Органолитостраты
Артифабрикаты	Артииндустраты; Артиурбистраты Артифимостраты
Токсифабрикаты	Токсииндустраты; Токсифимостраты; Токсилитостраты; Токсиабралиты; Токсиурбистраты.

**Квазиземы.** Внешне квазиземы схожи с почвоподобными новообразованиями, также характеризуются верхним почвенным гумусированным слоем (Классификация почв..., 2004). Квазиземы разделяются на группы в зависимости от присутствия в их составе специфических «городские» элементов в верхнем плодородном для растительности слое:

– подгруппы *реплантоземы* – обусловлена высоким уровнем наличия гумуса и минеральным плодородным для растений поверхностным слоем; сформированы под влиянием антропогенного использования;

– подгруппа *урбиквазиземы* – характерна для жилых новостроек и промышленных районов, отличаются от реплантозем преимущественно высокой степенью толщины верхнего поверхностного гумусового слоя, состоящего из минерального материала и остатков строительных материалов (Данилов и др., 2012).

**Натурфабрикаты.** Группа натурфабрикатов обусловлена отсутствием гумусового слоя, но такие почвы включают в себя минеральный, органический и органоминеральный материал естественного происхождения. Занимают значительные территории городских карьеров (Данилов и др., 2012). Натурфабрикаты в зависимости от характера субстрата и соотношения минеральных и органических компонентов его вещественного состава подразделяются на:

– подгруппа *абралиты* – представлена открытыми поверхностными новообразованиями, преимущественно не утратили своего природного залегания минерального материала бортов карьеров и других горных выработок;

– подгруппа *литостраты* – образуется в результате процесса строительства; в таких почвах встречаются месторождения полезных ископаемых;

– подгруппа *органостраты* – представлена в виде глинистых насыпей, в состав таких почв также входит торф и другой иной естественный материал;

– подгруппа *органолитостраты* – представлена в виде смешанного несортированного органоминерального материала, искусственных смесей органического материала, используется в основном для посадки растений, при строительстве площадок и т.д.

**Артифабрикаты.** Поверхностные почвы этой группы представлены искусственными насыпными нетоксичными материалами промышленного и органогенного происхождения, которые располагаются на специально подготовленных участках с полностью нарушенными почвами (Классификация..., 2004). Группа артифабрикаты по соотношению минеральных и органических компонентов делится на:

– подгруппа *артииндустраты* – представлены в виде шлаков, золы и нетоксичных материалов из отходов промышленной переработки природных материалов;

– подгруппа *артиурбистраты* - представлена бытовыми отходами городских свалок;

– подгруппа *артифимостраты* - представлена городскими фекальными стоками в виде жидких, полужидких и твердых органических материалов.

**Токсифабрикаты.** Почвы таких групп включают материалы из шлакохранилищ, а также отходы промышленных предприятий, нефтепродуктов, минеральные удобрения. Токсифабрикаты в отличие от других почв состоят из химических активных материалов, в результате чего без обеззараживающих мероприятий в течение длительного времени на них невозможно выращивать сельскохозяйственные и лесные культуры, а также проводить восстановление естественной растительности (Классификация..., 2004).

Группа токсифабрикатов в зависимости от токсичности материала, которые входят в его состав подразделяются на токсиабралиты, токсилитостраты, токсииндустраты, токсиурбистраты, токсифимостраты.

#### **1.4. Культурные ландшафты**

Изменения в биосфере привели к появлению новых типов ландшафтов, которые не присущи биосфере, но характерны для ее нового состояния – ноосферы. Большое разнообразие новообразований культурных ландшафтов объединено в 4 группы (Шальнев, 1995):

1. Культурные ландшафты или нооландшафты урбанизации, которые сформировались в результате строительства городов и различных населенных пунктов в целом,

2. Нооландшафты ландшафтов территориально-промышленных комплексов, образованный в основном вокруг крупных промышленных объектов,

3. Техногенные ландшафты, сформировавшиеся в районах деятельности горнодобывающих предприятий и на прилегающих к ним территориях.

4. Агроландшафты, располагаются в районах сельскохозяйственной антропогенной деятельности.

Каждая группа новоландшафтов обладает своим происхождением. Кроме этого, они проявляют свое влияние на природные экосистемы. Культурные ландшафты различаются по своей форме, размерам и воздействию на окружающую среду в целом. Для городских территорий повышенное внимание демонстрируют новоландшафты урбанизации и новоландшафты территориально-промышленные комплексы (Колбовский, 2008).

Культурные нооландшафты или нооландшафты урбанизации – это комбинации сохранившихся первоначальных природных экосистем и остатков сохранившихся природных экосистем, которые были нарушены и в некоторой степени изменены. Рядом с ними вновь создавались ландшафты, которые уже были созданы руками человека, например, такие как, парки, сады, скверы и т.д. (Голованов, 2005).

В культурных ландшафтах все экосистемы, то есть как сохранившиеся природные, так и вновь созданные, подвергаются значительным нагрузкам, что в итоге может привести к загрязнению окружающей среды, а также к разрушению биоты или сужению ее ареала обитания. Кроме того, могут происходить изменения в почве, что приводит к изменению состава, формы и темпов развития природных экосистемы.

Культурные новообразования оказывают значительное влияние на соседние природные экосистемы, которые географически не входят в состав культурного комплекса. Такой процесс выражается в виде загрязнения окружающей среды, который был вызван свалками бытовых и промышленных отходов. Около некоторых населенных пунктов формируются техногенные геохимические потоки, а также выбросы в атмосферный воздух промышленной пыли, сажи, аэрозолей и других загрязняющих веществ.

Нооландшафты территориально-промышленных комплексов очень сходны с культурными, но отличаются масштабами, высокой сосредоточенностью и скоростью изменения. Большие площади вокруг промышленных предприятий загрязняются, это загрязнение происходит с наибольшей скоростью. Часто среди загрязняющих веществ встречаются долгоживущие химические вещества, которые либо угнетают биоту, либо даже полностью разрушают ее. Почва тоже загрязняется на продолжительное время, что влечет подавление биоты, появление мутаций у растений и животных (Голованов, 2005).



Техногенные ландшафты в основном образуются на месте добычи рудных и топливных ресурсов, а также добычи строительных материалов открытым и закрытым способами. Сформировавшиеся технологические культурные новообразования обладают различными формами и размерами.

При открытой добыче угля возникают котлованы, вскрышные отвалы, которые зачастую занимают площадь в несколько сотен квадратных километров. При открытой добыче россыпного золота образуются осадочные поля, как правило, на всей площади долины реки, где добывается металл. При добыче полезных ископаемых вскрышные породы образуются, как правило, в непосредственной близости от населенных пунктов. При разработке месторождений строительных материалов существуют карьеры и котлованы.

Все техногенные ландшафты характеризуются общими последствиями воздействия на природные экосистемы. Это, прежде всего, уничтожение растительного и почвенного покрова на месте созданных угольных шахт, тягловых полей. Кроме того, земля отчуждается под вскрышные отвалы и, как следствие, на их месте уничтожается растительность. Наряду с этим, вниз по склонам создаваемых отвалов вскрышных пород идут горно-индуцированные геохимические потоки (Виноградов, 1998).

Геохимические потоки при распространении доставляют в соседнюю почву различные химические соединения, в том числе и тяжелые металлы, которые вызывают загрязнение как почвы, так и растительности. Под влиянием хозяйственной деятельности природные ландшафты могут перестраиваться в сельскохозяйственные агроландшафты. В районах, пригодных для земледелия, происходит тотальная распашка земель, количественное удаление гумуса, повышается разнородность плодородия почв (Глазовская, 2002).

Границы землепользования обычно не совпадают с границами естественного ландшафта. Они основаны на сотовой организации территории с размещением полей площадью 300 га и более. Эти клетки встраиваются в

ландшафт насильственно, без учета экологии и потенциальной продуктивности. При разработке сбалансированной системы земледелия особенно важно определить биоэнергетический потенциал агроландшафта. Последнее предполагает анализ баланса веществ и энергии в определенной агроландшафтной структурной единице. Не менее важной является идея эффективности ландшафта, формируемая из соотношения энергии, накопленной в виде сельскохозяйственных культур, и затрат энергии на ее производство.

Созданный агроландшафт зачастую оказывается экологически несовершенным и неустойчивым. Она страдает от многих разрушительных процессов (эрозия и дефляция почв, засухи, химическое загрязнение и др.) и не в полной мере реализует свой биопродуктивный потенциал. Одним из основных путей решения этой проблемы является оптимальное насыщение агроландшафта элементами окружающей среды как природного (лес, реки, моря), так и антропогенного происхождения (лесные полосы, искусственные озера, котлованы).

В зависимости от функционального назначения земельных участков территория города дифференцируется на зоны (Казаков, 2007):

1. Селитебная – охватывает жилые дома всех типов, учреждения культуры и бытового обслуживания, бульвары, площади и другие виды зеленых насаждений, а также улицы, площади, спортивные сооружения.

2. Промышленная и коммунально – складская зона, состоящая из земельных участков, занятых промышленными предприятиями, транспортом, энергетикой, связью, складами, базами, коммунальными объектами, а также земельными участками других землепользователей в сфере производства.

3. Сельскохозяйственная зона – связывает земли предприятий, организаций, садоводческих и огороднических некоммерческих объединений граждан, используемые для сельскохозяйственного производства.

4. Транспортная зона – зона железнодорожного, водного, внешнего автомобильного транспорта и городского транспорта, включая дорожную сеть, автобусные парки и т.д.

5. Зона отдыха – территория, которая охватывает леса, расположенные на территории города, имеющие почвенно-водоохранное, санитарно-гигиеническое и рекреационное значение.

6. Другие земли – другие категории земель, не входящие в указанные выше зоны, например земли обороны и т.д.

Природные, антропогенно-трансформированные и техногенные поверхностные образования представляют собой неотъемлемой частью городского ландшафта.

## ГЛАВА 2. УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ И СОСТАВ ГОРОДСКИХ ПОЧВ

### 2.1. Физико-химические свойства почв

Почвы крупных городов отличаются от природных почв своим морфологическим строением и физико-механическими свойствами. Почвенный покров городских территорий обусловлен случайным смешиванием разнообразных материалов, что является отличительным признаком городских почв, в которых частицы почвы сортируются по форме и размеру (Степанова, 2016). На изменение физико-химических свойств влияют поступление загрязняющих веществ и накопление их в поверхностных горизонтах.

**Плотность почв.** В городской среде почвы сильно переуплотнены (Наквасина и др., 2004) в результате сильного вытаптывания. Если уплотнение достигает больших степеней, то в корнеобитаемом горизонте образуются анаэробные условия, что особенно заметно во время длительных дождей. Корни растений при этом не могут прорасти сквозь плотный слой почвы, поэтому их рост и развитие тормозится.

Меньшая плотность сложения обычно характерна для газонов с четко выраженным дерновым горизонтом, большая плотность сложения наблюдается на сильно вытоптаных участках ( $1,48 \text{ г/см}^3$ ), на детских площадках, во дворах около жилых домов ( $1,86 \text{ г/см}^3$ ). В почвах лесопарков плотность сложения составляет около  $1,10 \text{ г/см}^3$ . В почвах урбанизированных территориях, где часто содержатся строительные и бытовые отходы, плотность сложения с глубиной резко меняется (Строганова и др., 1997).

**Кислотность почв.** Корневой слой урбанизированных территорий городской среды имеет варьирующие величины кислотности, но помимо этого, в городских территориях, также могут существовать почвы с нейтральной и слабощелочной средой (Никодимус и др., 1984). Реакция

окружающей среды урбанизированных территорий значительно отличается, например, реакция на антропогенные почвы увеличены, чем на природные. По мнению многих авторов реакция окружающей среды напрямую зависит от высокой щелочности городских почв. Щелочность образуется в результате поступления хлоридов кальция и натрия через поверхностные слои, при посыпании в зимние периоды тротуары, городских дорог. Также кальций может выделяться в результате действия кислотных осадков из строительного мусора, цемента, различных кирпичей, которые обладают щелочной реакцией. Понижению уровня величины кислотности наблюдается при изменении глубины (Гантимуров, 1966).

**Содержание химических элементов.** В составе почв содержатся значительное количество химических элементов, которые расположены в почве неравномерно (табл. 3). Значительное содержания химических элементов в урбанизированных почвах связано с наличием мусора и строительного мусора в почвах городских территорий (Bridges, 1989).

Таблица 3

Содержание химических элементов в урбанизированных территориях  
(Bridges, 1989)

Элементы	Содержание химических элементов, %
Кислород	48,00
Кремний	27,00
Алюминий	8,90
Железо	5,30
Кальций	3,70
Натрий	2,60
Калий	2,70
Магний	2,20
Титий	0,60
Водород	0,30
Углерод	0,10
Сера	0,80
Фосфор	0,07
Азот	0,01

По сравнению с природными почвами урбанизированные почвы характеризуются высокой концентрацией насыпных слоев и слабо

нарушенных почв, а также высоким содержанием общего азота, фосфора и калия (Земляницкий и др., 1962). Подвижные формы фосфора и калия в большинстве городских почв представлены в количествах, превышающих потребности растений в этих элементах. Доступность этих почв оценивается как высокая, высокая и очень высокая. Содержание подвижного фосфора колеблется в пределах 6–160 мг/100 г почвы, подвижного калия – 3–100 мг/100 г почвы (Баширова, 1966).

Например, в дерново-подзолистых почвах присутствуют в основном ионы водорода и алюминия, в малых количествах катионы кальция и магния, емкость поглощения составляет в сумме 8–15 мэкв/100 г земли. В урбанизированных почвах до 69% составляет кальций и емкость поглощения составляет более 20 мэкв/100 г почвы (Почва..., 1997).

Почвы разных типов местообитаний содержат большие количества обменного кальция: от 6 до 60 мэкв/100 г почвы. Наиболее богаты обменным кальцием поверхностные горизонты почв скверов, бульваров, газонов, палисадников и селитебных участков – 30–60 мэкв/100 г и более. В парках и лесопарках его количество составляет 16–21 мэкв в верхних горизонтах и 6–11 мэкв – в нижних горизонтах, медленное снижение его содержания происходит с глубиной. В урбанизированных почвах содержание кальция находится в прямой зависимости от количества кальцие–содержащих включений (Строганова и др., 1992).

Содержание обменного марганца в городских почвах намного меньше, но закономерности его распространения по типам урбофитоценоза те же, что и для кальция: наименьшие количества содержатся в почвах лесопарков и парков и максимальное – в урбаноземах. Такое содержание обменных кальция и марганца обуславливают высокую степень насыщенности основаниями городских почв. Дерново-подзолистые ненарушенные почвы в условиях городского лесопарка насыщены основаниями по всему профилю на 50–70%. Слабо и сильно нарушенные дерново-подзолистые почвы, урбаноземы и культуроземы содержат от 65 до 100% оснований. В почвах

газонов и почвах, расположенных вдоль магистралей, иногда обнаруживается до 3–4% обменного натрия от суммы обменных катионов (Строганова и др., 1992).

Как отмечают А.И. Обухов и О.М. Лепнева (1989), химическое состояние почв городских почв является интегральным показателем для оценки эффективности проводимых в городе природоохранных мероприятий. Благоприятными характеристиками городских почв являются достаточное содержание необходимых питательных веществ в доступных формах, нейтральная реакция окружающей среды и отсутствие токсичных веществ. Большая часть выбросов токсичных веществ концентрируется на поверхности почвы, где они постепенно осаждаются, что приводит к изменению химических и физико-химических свойств субстрата.

## **2.2. Органическое вещество почв**

Основным источником органического вещества в урбанизированных территориях, является разнообразная растительность и почвенные животные. Органическое вещество играет важную большую роль в защите почв от загрязнения промышленными поллютантами. В результате загрязнения почв поллютантами органическое вещество сильно изменяется. Поэтому необходимо оценивать изменение гумусового состояния почв, что помогает при оценке их устойчивости при загрязнении; выявлять индикаторные признаки изменения условий различного уровня.

От состава загрязнения городских почв различными токсикантами зависит интенсивность перестройки органического вещества в городских почве. В верхних поверхностных слоях при загрязнении городских почв увеличивается скорость распада органического вещества, а также происходит накопление различных аминокислот. При загрязнении увеличивается количество микроорганизмов в фенольной среде (Гришина и др., 1990).

В почвах урбанизированных территорий изменяется содержание и состав органического веществ, что обусловлено историей городского развития и управлением ландшафтного хозяйства. Различные свойства органического вещества определяет не только степень загрязнения почвы, но и результат озеленения, когда улицы и парки засаживаются экзотическими растениями и деревьями, которые изменяют энергетический цикл элементов и состав почвенных микроорганизмов (Cadenasso, 2006).

В городских почвах значение рН часто выше, более легкий гранулометрический состав, больше плотность, измененный минералогический состав, повышено содержание карбонатов и оксидов железа (Герасимова и др., 2003). В городских почвах, особенно в промышленных районах, из-за органических загрязнителей содержание углерода увеличивается (Савич и др., 2007). В условиях города происходит изменение биогеохимического состава циклов углерода и азота (Васенев и др., 2013).

На урбанизированных территориях, где плотность почвы увеличена, она не содержит достаточное и доступное количество влаги, минеральных элементов, органического углерода (Pickett, 2008). В других районах города содержание кальция, калия, марганца и фосфора достигает оптимума, принятого для садовых почв, а количество органического вещества превышает фоновый уровень. Даже увеличение значений рН и уплотнение почвы проявляются не во всех городах мира (Кауе, 2005).

Почвы в наиболее старых микрорайонах (со средним возрастом 64 года) благополучнее почв, чем в молодых микрорайонах (средний возраст которых составляет около 9 лет). Средняя плотность городских почв в новых микрорайонах достигает примерно  $1,73 \text{ г/см}^3$ , в старых районах –  $1,41 \text{ г/см}^3$  (Кадулин и др., 2013).

Таким образом, со временем структура городской почвы восстанавливается, а ее плотность приближается к нативной, существовавшей до начала техногенного уплотнения. Усовершенствуются



также и другие показатели. Содержание микробного азота изменяется по годам, но в почвах старых районов оно больше ( $P < 0.0001$ ), чем в почвах молодых районов: 51,1–54,0 против 14,0–16,5 мг/кг. Одновременно в почвах старых газонов возрастает доля микробного углерода по сравнению с почвой новых газонов (Кадулин и др., 2013).

За счет длительного внесения удобрений заметно увеличивается содержание доступного фосфора с 27,6 до 74,3 мг/кг. В метровой толще содержание углерода в почве на старых участках достигает в среднем 14,7 на новых – 9,6 кг/м<sup>2</sup>. Таким образом, со временем повышается содержание органического углерода и почвенная структура восстанавливается.

Плодородие городских почв интенсивно уменьшается вследствие потери гумусового слоя при строительстве и планировке территории. За счет скальпирования поверхности гумус может быть погружен на глубину до 3 м. Наибольшие потери гумуса наблюдаются в почвах на крутых склонах (Pouyat, 2007).

Одна из причин обеднения органическим веществом – переуплотнение городских почв. Еще один значительный фактор – уборка листьев в городских парках. Такое действие может повлиять на сокращения содержания органического вещества в почвах городских условиях (Doichinova, 2006). Наконец, плодородие городских почв понижается в результате сильного химического загрязнения.

Накопление органического вещества в городских почвах сильно зависит от их загрязнения тяжелыми металлами. Загрязнение тяжелыми металлами сильно влияет на круговорот углерода. Решение проблемы может быть решено за счет озеленения городских сред, что способствует увеличению содержания углерода в почве.

### 2.3. Почвенные микроорганизмы

Существование почвы без микроорганизмов исключено. Благодаря содержанию микроорганизмов в городской почве, происходят важные процессы почвы. Микроорганизмы являются необходимым звеном в круговороте всех биогенных элементов, в результате чего стабилизируется плодородие почвы, и также содействуют в почвообразовании (Звягинцев, 1987).

По мнению выдающего ученого микробиолога В.Л. Омелянского (1924), почвенные микроорганизмы являются наиболее чувствительными реагентами, к изменению окружающей среды. Мишустин Е.Н. (1984) указывает, что при изменении почвенных условий значительно изменяется видовой состав микроорганизмов (Griffiths et al., 2004). Отдельные группы микроорганизмов способны адаптироваться к определенным условиям окружающей среды и противостоять токсическому воздействию загрязняющих веществ. При загрязнении почвы фенольными соединениями происходит активное развитие бактерий, использующих фенол в качестве субстрата для жизни (Долгова, 1973).

Почва городских условиях, как среда обитания микроорганизмов столь же разнородна, как и почвенный покров городов. В результате процессов уреогенеза, основываются изменения отдельных микробных популяций, которые обладают более приспособительными качествами к условиям техногенеза.

Известно, что в 1 грамме городских почв, присутствуют десятки почвенных микроорганизменных клеток, а их общая масса может достигать до 70–75 т/га. Почвенные микроорганизмы имеют различную чувствительность к различным загрязняющим веществам и наличие особо устойчивых бактерий (Полянская, 2005). Загрязнение городских почв тяжелыми металлами может сильно повлиять на рост и размножение почвенных микроорганизмов, также при их взаимодействии достигаются

изменения видового состава, численности и т.д. Значительные изменения видового состава почвенных микроорганизмов регистрируется при концентрации тяжелых металлов в 60–300 раз выше нормативных уровней.

При понижении содержимых загрязняющих веществ тяжелыми металлами, может повлиять на активное развитие микроорганизмов, при увеличении содержимых загрязняющих веществ тяжелых металлов протекает ингибирование микробной активности, что может довести до полного исчезновения.

По мнению авторов (Малинина 2011) наименее толерантны к действию высоких концентраций тяжелым металлам являются виды рода *Bacillus* и нитрифицирующие микроорганизмы, далее резистентные-бактерии родов *Pseudomonas*, *Streptomyces* и многих других видов микроорганизмы, разрушающие целлюлозу. Самая стабильная рассматриваются грибы и актиномицеты.

При поступлении свинца в городские почву общее количество бактерий и р. *Azotobacter* бактерий снижается на 7% при низких концентраций 0,26 ПДК и на 70% – в случае повышенных концентраций >9 ПДК. Компакт действий на микробное сообщество почвы в 10-20 раз сильнее свинца, что согласуется с токсичность этих элементов (Hassan et al., 2013). Более того, чем беднее почва, чем менее устойчиво его микробное сообщество к действию тяжелых металлов, тем это характерно для придорожных территорий, содержащих комплекс тяжелых металлов (Ni+Pb+Cd) (Марфенина, 1999). От вида, дозы тяжелых металлов, которые воздействуют на почвенные микроорганизмы и их процессы, полностью зависит характер и степень воздействия тяжелого металла (Колесников, 2010).

## 2.4. Растительность

Растительность городских почв, является самой важной частью биологических циклов (Прохорова Н.В. и др., 1996). В результате процесса урбанизации изменяется растительный покров. Факторы городской среды, что большей степени влияют на растительность, можно разделить на две группы: природные (к ним относятся такие факторы как климат, сама почва и т.д.) и факторы техногенного воздействия.

Эксплуатация и досрочная гибель растительности в урбанизированных территориях вызвана избытком хлоридов в почвах, которые поступают в результате множественных использований дорожных антиобледенителей.

В почвах урбанизированных ландшафтов по сравнению с сельскохозяйственными угодьями, немало важна проблема сохранения и поддержания биологической активности почвы и ее высокой продуктивности. В городе относительная территория, занятая зелеными насаждениями, значительно меньше, чем за его пределами, а плотность населения в 3–4 раза выше, чем в пригородной зоне. В крупных современных городах насаждения должны обладать высокой степенью устойчивости и продуктивности. Развитие, жизнеспособность зеленых насаждений и их устойчивость к высоким рекреационным нагрузкам и городскому загрязнению во многом определяются качеством и состоянием почвы, которое, в основном, зависит от активности обитающих в ней живых организмов (Скворцова, 1997).

Флорогенез и фитоценогенез в урбанизированной антропогенной среде весьма специфичны (Чибрик, 1990). В естественных экосистемах оба эти процесса во многом обусловлены занятием экологических ниш другими живыми организмами. В этих случаях центральное место занимают биотические отношения. В условиях города, на первое место выходят абиотические факторы окружающей среды и стрессы. На городских территориях весьма достаточно свободных экологических ниш, но их

занятия требуют от растений особых свойств – способности расти в неблагоприятных условиях (Владимиров, 1996).

В силу своей ярко выраженной специфики флора конкретного города рассматривается как специфическая городская флора, формирующаяся в определенной степени стихийно (Ильминских и др., 1994). Неоднородность экологической среды городов оказывает влияние на увеличение видового богатства растений. Этот процесс также усиливается введением декоративных и других форм, используемых для городского озеленения. В то же время идет процесс элиминации из флоры апофитов – видов, не приспособленных к жизни в городской среде. В результате видовое богатство городской флоры отражает соотношение этих двух тенденций. В целом городской флорогенез определяется рядом общих закономерностей, связанных с историей и структурой конкретного города. Флористическое богатство возрастает, когда в городах появляется больше категорий экотопов, и падает, когда преобладают монотонно индустриально преобразованные среды. По этой причине новые города, состоящие из промышленной зоны и жилой застройки, имеют низкое цветочное богатство (Хмелев и др., 2001). Наличие рек или других водоемов на территории города и сохранение естественных фрагментов почвы увеличивает количество видов флоры.

Для экологической оценки состояния городских сред, необходимо высаживание зеленой растительности, в первую очередь, это положительно складывается на здоровье населения (Неверова, 2010).

Важнейшими источниками тяжелых металлов в растениях являются почва и воздух (Виноградов, 1985). Попадание тяжелых металлов в растения могут возникать двумя способами: пассивные (не метаболические) поглощение, если увеличенные концентрации тяжелых металлов наблюдаются во внешней среде и активный (метаболический) процесс поглощения тяжелых металлов через корни, когда содержание металлов в незначительных количествах (в пределах фонового уровня) (Godbold, 1991). Корни растений являются главным препятствием для поступления

тяжелые металлы в растениях, преимущественно такие, как свинец и кадмий (Нестерова, 1989). Начиная с начальных этапов развития, главным образом корень, берет на себя главную функцию накопления химических элементов (Hart, 1998).

Благодаря поступления химических элементов в почву, нормализуется жизнедеятельность растительности (табл. 4).

Таблица 4

Жизненно необходимые химические элементы для питания растительности (Прохорова и др. , 1996)

Макроэлементы	Микроэлементы
Основные химические элементы: N, P, K.	Жизненно необходимые элементы: Fe, Mn, B, Zn, Cu, Mo, Cl, Ni.
Второстепенные элементы: Ca, Mg, S.	Полезные элементы: Na, Si, Co, Se.

Нередко увеличения содержания химических элементов в растениях влияет не только их всасывание из почвы, но и на поступление элементов из нее. воздух. Улавливание растениями атмосферных аэрозолей природного и техногенного происхождения варьирует в пределах 50-100 %. Следовательно интенсивное влияние на растения может проявиться также при получении тяжелых металлов через листовую пластину путем газообмена и обменной адсорбции.

По листьям растительности можно определить сезонные атмосферные загрязнения городских территорий, на них значительно влияет свинец. Помимо листьев, ветви деревьев произрастающие на городских территориях интенсивно накапливают свинец, барий, и др. элементы, а железо, марганец и др. накапливаются незначительно. Также кора деревьев считается хорошим накопителем химических веществ.

Главный фактор, определяющий состояние зеленых насаждений, это плодородие почвы, которое, полностью зависит от содержания в доступных растений биофильных элементов, в основном это такие соединения, как азота, фосфора и калия (Гиниятуллин, 1996).

На развитие и жизнеспособность растений, а также их устойчивость к загрязнению в городских условиях играет немало важную роль качество и состояние почвы, которое, в свою очередь, зависит от активности в ней живущих живых организмов (Скворцова, 1997). Известно, что при поступлении тяжелых металлов на поверхность почвы, они не только входят в состав процесса почвообразования (Хазиев, 2000), но и входят в пищевые цепи, и зарождают ряд негативных последствий (Коршиков, 1996).

### ГЛАВА 3. НЕГАТИВНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В УРБОЭКОСИСТЕМАХ И ИХ ПОСЛЕДСТВИЯ

На экологические функции, которые выполняют городские почвы, огромное влияние оказывают неблагоприятные экологические результаты, вследствие чего препятствуют их выполнение (Почва..., 1997).

В городской зоне очень много земли, которые обладают своими отличительными признаками тип возникновения, возраст, функции, назначение и другие устойчивость к тем же факторам. На экологическое состояние всех городских поверхностей и их функции, воздействуют неблагоприятные процессы, и в такой зоне размещается значительные части урбанизированных территории (рис. 2).

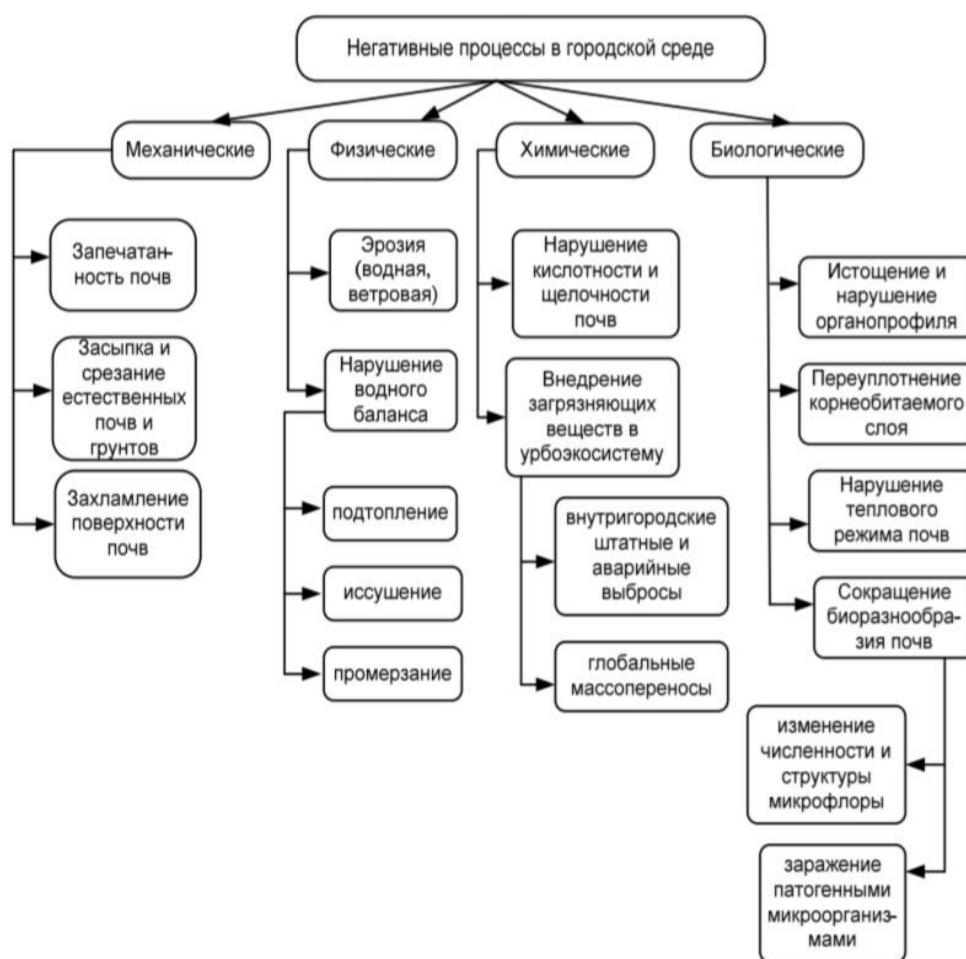


Рис 2. Негативные процессы урбанизированных территориях



### 3.1 Механические изменения

**Запечатывание почвы.** В больших городах существенных масштабов достигают запечатывание почв благодаря асфальту и также другие дорожные покрытия. В результате таких процессов как смешивание, загрязнения естественных почв грунтовыми материалами, почвы городских территории получили особенность верхнего почвенного горизонта обладающий мощностью не менее 50 см (Методические..., 2003). В конечном итоге, во время запечатывания городских почв, приостанавливается поступление в городские почвы свежего органического вещества, происходит нарушение водного обмена (Почвы и техногенные..., 1997). Запечатанные почвы сами по себе никак не влияют на загрязнение среды, но являются важным компонентом активного землепользования, вызывающего загрязнения также запечатанные почвы обладают транспортной системой, для поступления загрязняющих веществ в водные пути.

Запечатанные почвы классифицируются по наличию верхнего почвенного горизонта, расположенный, запечатанных под дорожными покрытиями (Ковалевская, 2012).

Производство асфальтобетонных поверхностей обладают двояким эффектом. С одной стороны, это крайне грубое вмешательство в жизнедеятельности почвенного покрова, но все же часто бывает, что сама почва остается нетронутой. В таком случае запечатанные грунты являются антропогенными моделями, выражающий влияние времени на окружающую среду, а также и функционирование системы гумусовых веществ. Как правило, при запечатывании внедрение в грунт свежего органического вещества практически прекращается, современные процессы гумификации увядают и, в результате не происходит обновление гумусовых веществ. Поэтому снижение содержания гумуса является характерной чертой этих почв. Сортировка углерода в почвенном профиле носит волнообразный

характер. Помимо этого, ухудшается водный баланс, экосистема лишается универсального фильтра, которым является почва, меняется теплообмен почвы с атмосферой, в результате чего образуются "островки тепла" на городской территории (Будрейко, 2009).

С другой стороны, дорожные покрытия обладают свойством защиты городских почв химических источников загрязнения, которые поступают в почву через канализационную систему. Результативным уходом за санитарным состоянием почв урбанизированных территорий, влияет интенсивное и значительное использование запечатывание почвенного покрова. При выборе покрытия рекомендуется выбирать покрытия сделанные из более непроницаемых материалов, которые будут способны полному вымыванию токсичных веществ. Для прекращения влияния неблагоприятных экологических воздействий лучшее решение будет именно процесс запечатывания почв (Будрейко, 2009).

Помимо положительных эффектов запечатывания почв, существуют и отрицательные, например, повышенное запечатывание почв урбанизированных территорий подвергается сильному снижению озеленения этих территорий. Нормативных значений для определения стандарта запечатанности на данный момент не разработано, но он определяется по степени озелененности в м<sup>2</sup> на 1 человека с учетом категории земель (Ковалевская, 2012). Ориентировочной оптимальной величиной принято считать 1024 м<sup>2</sup> озелененной площади общего пользования на 1 жителя. В настоящее время принята следующая характеристика степени озелененности (Методические..., 2003):

- норма – > 10–24 м<sup>2</sup>/чел.;
- незначительно ниже нормы – 15–19 м<sup>2</sup>/чел.;
- ниже нормы – 12–16 м<sup>2</sup>/чел.;
- существенно ниже нормы – 7–12 м<sup>2</sup>/чел.;
- практически не озеленена – 3–8 м<sup>2</sup>/чел.;
- озеленение отсутствует – озелененность менее 3 м<sup>2</sup>/чел.

Сходством запечатанных почв с открытыми почвами городских территорий, является неоднородный механический состав почв, различное содержание гумуса, содержание основных биофильных элементов (N, P, K), величина рН в большинстве случаев выше 6,5 (до 9,0), почва вскипает с поверхности и содержит  $\text{CaCO}_3$  более 2%, избыточная концентрация тяжелых металлов (Безуглова и др., 2000). Различия заключается в том что, в верхних слоях экранозема уменьшаются градиенты величин влажности и температуры, современное покрытие препятствует накоплению современных загрязняющих веществ, в запечатанных почвах избыточных концентраций тяжелых металлов в границах новостроек практически нет; такие процессы, как брожение, нитратредукция и сульфатредукция, интенсивно протекают под асфальтом в анаэробных условиях (Строганова и др., 1997). Запечатанные грунты выполняют только некоторые из следующих экологических функций, но помимо этого в них происходит слабый водо-, тепло- и газообмен с атмосферой и породой, а также жизнь микроорганизмов продолжается.

В почвах городских территориях, подверженных процесса запечатывания, содержат незначительные численности углерода и азота, также полностью лишены наличия накопления  $\text{C} < 1$ , что часто наблюдается в открытых незапечатанных городских почвах. (Строганова и др., 1997).

**Засыпка и срезание естественных почв и грунтов.** В городской среде почти отсутствуют природные почвы, а созданы почвогрунты, возникшие в результате засыпания плодородных горизонтов строительным и иным мусором. Также засыпку и срезание естественных почв приводят для получения ровной и оптимальных дорожных площадей. В городе также есть поверхностная срезка плаща, вследствие чего на поверхности образуется на подстилающей почвы (Ковалевская, 2012).

Обычно толщина строительного засыпного горизонта колеблется от 2 до 15 м, а общая мощность техногенного слоя может достигать 30 м и более. В связи с тем, что именно техногенные грунты производят большую усадку

под воздействием статических и механических воздействий. динамические нагрузки (особенно при затоплении) деформируются и нарушаются дневные поверхности. Это приводит к изменениям в воде и ее составе. А также изменение тепловых условий, способствующие деградации гумусового слоя почвы (Почва..., 1997).

**Захламление поверхности почвы.** Захламление городских почв это размещение на поверхности, а также в толще почвы отходов производства и потребления, кроме этого, встречаются и другие предметы, которые понижают качество городских почв, и негативно воздействуют на другие компоненты естественной и окружающей среды.

Материалы захламления городских почв обусловлены, как механическим характером, так и геохимическими эффектами от разложения и выщелачивания токсичных веществ, являющиеся серьезным источником загрязнения почвы, атмосферы и подземных вод в прилегающих районах. Нахождение на почвенной поверхности значительной численности щебнисто-каменистых материалов и бытовых отходов, значительное влияние оказывает на уменьшение полезных площадей городских территорий. Загроможденная часть городских почв почти не имеет плодородия и не дает его продуктивности (Строганова, 1992).

В связи с характеристике захламленности поверхности почв классифицируются на следующие виды (Методические..., 2003):

- незахламленные (площадь захламленных участков менее 10%, токсичные вещества таких почв полностью отсутствуют);
- слабо захламленные (захламлено 10–25 % площади, токсичные вещества также полностью отсутствуют);
- средне захламленные (захламлено 25–50 % площади, токсичные вещества отсутствуют);
- сильно захламленные (в таких случаях почвы захламлены в любая часть поверхности, но в хламе содержится наличие токсичные вещества,

которые могут попасть в окружающую среду, или захлавлено 50-75 % площади, токсичные вещества отсутствуют);

– очень захлавленные (захлавлена вся городская территория, обусловлены наличием токсичных веществ).

Строительство современных городов являются основным источником захлавления почв и загрязнения окружающей среды. Второе место по количеству твердых строительных отходов занимают развитые грунты, второе место среди загрязнителей окружающей среды города. Значительной степени тяжелых металлов найдено в краске окрашенных кирпичей, осыпавших с штукатурки и с других покрытий. Так вот, цинка в них было в 10–50 раз больше фонового содержания элементов в почве, свинца – в 20–45 раз, меди – в 7–10, хрома – в 15–20, кадмий – в 10–15 раз. В результате зарывания пластика в почву городских территорий увеличивается содержание кадмия, керамики – цинка, хрома, меди, бумаги – цинка, свинца, кадмия и хрома (Методические..., 2003).

### **3.2. Физические изменения**

**Эрозия почв.** Эрозия почв это процесс, при котором происходит разрушение верхнего слоя почвы. Такие процессы связаны с нерациональной планировкой и функциональной организацией городской среды, как по площади распространения, так и по ущербу, наносимому городу, эрозия занимает ведущее место (Почва..., 1997) ..

Существенно различают естественную и ускоренную (антропогенную) эрозию почв. Естественная эрозия протекает очень медленно, и плодородие почвы при этом не снижается. Ускоренная эрозия почв вызвана нерациональной хозяйственной антропогенной деятельностью, в результате которой активизируется и усиливается естественная эрозия (неправильная обработка и орошение почвы, чрезмерное удобрение, неконтролируемый

выпас скота, вырубка лесов, осы и др.), различают два основных типа эрозии почвы: ветровая и водная эрозия (Методические..., 2003).

*Ветровая эрозия (дефляция) почв* – сдувание и перенос мельчайших частиц почвы ветром. Самые сильные и продолжительные ветры развиваются в пыльные бури. За несколько дней они способны полностью снести верхний плодородный слой почвы мощностью до 30 см. Пыльные бури загрязняют водоемы, атмосферу и негативно влияют на здоровье человека.

*Водная эрозия почв* – разрушение и смыл почвы под воздействием водных потоков. От такой эрозии значителен экологический ущерб. Вода, стекая вниз, образует овраги и овраги, вымывает из земли органические и минеральные вещества (Павловский, 2004).

Эрозия городских почв в большей степени проявляется на непокрытых территориях. Если нет распределение поверхностного и ливневого стока, а именно участков с углами наклона более  $1,0-1,5^\circ$ , то смываются поверхностные гумусовые горизонты почв и сбор загрязненных и засоленных вод встречается в аккумулятивно пониженных ландшафтах, что приводит к нарушению водного режима и затопление подвалов жилых домов.

Развитие ветровой или водной эрозии даже при малейших проявлениях сопровождается разрушением поверхностных горизонтов и удаление токсичных веществ. У разных территорий своя устойчивость к эрозии. Пустыри, свалки, карьеры и т.д. очень сильно отличаются друг от друга устойчивостью. Самыми опасными последствиями являются эрозия на свалках с токсичными веществами, на рыхлых землях и на безлюдных пустырях с нарушенным почвенным покровом, такие как территории водоохраных зон, почва вокруг оврагов, которые имеют склоны с большими углами наклона более  $2-5^\circ$  (Заславский, 1983).

**Нарушение водного баланса.** К нарушениям водного баланса относится подтопление, иссушение и промерзание.

Неблагоприятные техногенных, а также и естественных процессов в городской среде – подтопление. Подтопление земель – это опасный геологический процесс, изменяющий водный режим и баланс территории, повышающий влажность горных пород до значений выше критических, нарушающий необходимые условия для сохранения существующих экосистем и привычного хозяйственного использования территории (Природные..., 2002; Четырехязычая..., 1980).

Причинами подтопительного процесса являются утечка водоносителей коммуникации, фильтрация из водных объектов и строительных котлованов, орошение зеленых насаждений и асфальта, перераспределение снега при таянии и уборке улиц, ухудшение качества природной дренированности территории за счет уплотнения грунта и выравнивание рельефа местности путем заполнения овражно-балочной сети, небольших долин реки и ручьи, а также создание искусственных водосборов.

Результат подтопления приводит к формированию оползней и оплывин на склонах, нарушение органофилия почвы и появление процессов оглеения в почвенном профиле, изменение химического состава подземных вод и показателей прочности грунтов (Почва..., 1997).

Процесс подтопления по разному влияет на почвенные ландшафты, и отличаются различной интенсивностью и активностью. Воздействие процесса подтопления на разных категориях земель различается в зависимости от нахождения объекта на той или иной геоморфологической поверхности и от литологического состава грунтов, таких как пески, глина и др. (Почва..., 1997).

Подтопление в жилых районах связано с затоплением подвалов, с сыростью и разрушением домов. Для растительности это явление приводит к смене мезофитных фитоценозов на гигрофитные, для почвы эти изменения приводят к ухудшению водопроницаемости почвенного профиля, что способствует снижению его продуктивности и ухудшению экологических функций (Почва..., 1997).

Подтопление промышленных зон и складов, шоссе, аэропорты, железные дороги и т. д.; ведет серьезные негативные последствия. Для естественных сред следствие этого происходит распространение химических и других видов загрязнений участков почвы и грунтовых вод, повышая их агрессивность, что, соответственно, это приводит к деградации почвенных и растительных свойств, таких как сами территории и прилегающие к ним земли, коррозия металла и бетона, деформации коммуникаций и фундаментов. На максимум проявление этого процесса в зонах с токсичными веществами может привести к чрезвычайным экологическим ситуациям (Почва..., 1997).

Лесопарки и парки менее подвержены воздействию наводнений благодаря способности биоценоза к самосохранению, механизмам адаптации, стабильность и регулирование водного режима. Такие механизмы перестают работать, когда уровень катастрофически повышается в таком случае биоценоз перестраивает свою структуру и состав (Почва..., 1997).

Изменения уровня грунтовых вод зачастую стимулируют карстово-суффозионные процессы, которые проявляются на поверхности в виде углублений, трещины, воронки. Они ведут к самым опасным и труднопрогнозируемым последствиям, наносящие значительный ущерб городу: образование глубоких воронки, отверстия и неравномерное оседание отдельных участков поверхности земля, провоцирующая деформацию зданий и сооружений и ускоряющая их разрушение коммуникации (Методические..., 2003).

Иссушение почвенного покрова городских зон вызвано благодаря особенностям теплового баланса каменных поверхностей (Почва..., 1997) и неблагоприятных гидрогеологических условий (карст, карьеры, выработок, прокладки дорог и коммуникаций), что в результате приводит к нарушению природных поверхностных и подземных водных потоков.

Деградация зеленых насаждений вокруг жилых домов в связи с достижением пороговых значений содержания воды в почве (Почва..., 1997),



соответствующие влажности воздуха увядание, приводит к их смерти. Соответственно увеличиваются открытые позиции грунтовых и не озелененных поверхности, подверженные воздействию ветра эрозия.

Промерзание почвы – распространение в почве в холодный период года нулевой и отрицательной температур. Глубина промерзания зависит от типа почвы, от теплоемкости, теплопроводности и влажности почвы, от обработки почвы, от толщины снежного покрова и наличия растительности, предохраняющих почву от сильного выхолаживания (Почва..., 1997).

Глубина промерзания является одним из важных факторов, определяющих условия перезимовки зимующих культур, а также определяющих сток талых вод в весенний период. В последнем случае глубина промерзания влияет на увлажнение почвы после схода снежного покрова. Глубокое промерзание препятствует проникновению талой воды в нижние слои почвы. Почвы, в которых происходит промерзание, подвергаются проявлению солифлюкционных процессов (оплывание верхнего горизонта почв вниз по склону) (Атлас почв..., 2011).

Из-за уборки опавших листьев осенью и снега зимой, почвы городских условий сильно выхолащивают и глубоко промерзают в частности до минус 10–15 °С. Было установлено, что годовая разница температур в корневом слое почв городских территорий достигают 40–50 °С, в то время как в естественных условиях (для средних широт) она не превышает 20–25 °С.

### **3.3. Химические изменения**

**Внедрение загрязняющих веществ в урбоэкосистему.** Распространение загрязняющих веществ в жилых районах происходит как в виде регулярных и аварийных выбросов, так и глобального массопереноса (Ревич, 2002). Загрязнение почвы в жилом районе города коррелирует с высоким загрязнением воздуха и воды, а также имеет прямую связь с

состоянием растительности. Все это определяет состояние здоровье населения.

Большая часть выбросов в городскую среду концентрируется на поверхности почвы, где они постепенно оседают. При максимальном проявлении процесса химического загрязнения почва теряет свою способность к биопродуктивности и самоочищению. Происходит гибель или деградация городской экосистемы (Скальный, 2004).

Как правило, горизонтальная структура городских ландшафтов, подверженных атмосферным выбросам и сбросу жидких и твердых отходов с промышленных предприятий на территории, прилегающей к промышленным объектам, существенно не нарушается. В то же время резко меняется растительный и животный мир, почвенный покров и продуктивность городских экосистем.

От характеристик источников загрязнения зависит распределение загрязняющих веществ на поверхности почвы, а также, метеорологических особенностей, геохимических факторов и форм рельефа (Почва..., 1997). Степень проявления процесса загрязнения определяется как отношение содержания загрязняющего вещества в почве к величине ПДК или другому нормативному значению. При максимальном проявлении процесса химического загрязнения почва теряет свою способность к биопродуктивности и самоочищению, изменяется состав, структура и обилие микрофлоры и мезофауны.

Химическое загрязнение тяжелыми металлами рассчитывается по индексу общей концентрации (SPC) выше ПДК (Воробейчик, 1994). Необходимо предотвратить загрязнение всех природных сред, в том числе и почвы. При наличии высокой степени загрязнения поверхностный слой следует удалить и заменить чистой плодородной смесью. Проблема очистки почвы и всех природных сред взаимосвязана с общей экологической ситуацией в городе.

Токсическое загрязнение земель общего пользования – это широко распространенное явление, как на территории, так и в городе. На этих территориях происходят следующие события: как правило, это регулярные выбросы загрязняющих веществ. Вместе с этим велика вероятность аварийного выброса токсичных веществ (как воды, так и воздуха). Часть из них закреплена в почвенном профиле, другая часть – в грунтовом профиле. Он может мигрировать через почву и грунтовые воды в речную сеть. Через пылевые частицы этого вещества также попадают в воздушную среду. Степень воздействия на окружающие территории может привести к катастрофическим последствиям для городской растительности и почвы, а самое главное – для здоровья человека и его генофонда. В этом случае требуется химическое и совершенствование сельскохозяйственных технологий (Методические..., 2003).

Сельскохозяйственные угодья, расположенные в черте города, также подвержены загрязнению в результате неправильного агротехнического события и глобального массового переноса загрязняющих веществ. Загрязнение окружающей среды приводит к гибели биоты. Наличие токсичных веществ в организме растворенная форма приводит к накоплению токсикантов в различных частях тела культурных растений. Потребление зараженных частей растений в трофической цепочке "растение-человек" и "растение-животное-человек" ведет к человеческим болезням. Необходимо по возможности выведение этих земель из сельскохозяйственного использования и их переориентация (Методические..., 2003).

Пустыри, свалки и карьеры наиболее подвержены воздействию многих видов отходов химического загрязнения. Опасность загрязнения также очевидна на выходе от этих земель до других категорий. Загрязнение этих территорий происходит через почву по воде и воздуху, он может распространяться на соседние территории. При освоении этих земель почва должна быть обеззаражена и очищена от загрязнений, пройти химическую и сельскохозяйственную технологию, мелиорацию земель, а также в

исключительных случаях он подлежит вывозу за пределы города и хранению для обеззараживания (Методические..., 2003).

Городские почвы принимают на себя весь удар и от радиоактивного загрязнения. Местами в городе отмечается интенсивное ионизирующее излучение, превышающее нормативный уровень от следующих источников облучения (Скальный, 2004): антропогенных (жилье, асфальтовое покрытие дорог, медицинские процедуры); техногенных (наиболее опасных); вторичных источников радиоактивного загрязнения (мест захоронения отходов, приборов, побочных продуктов).

Основные последствия радиационного облучения – рост заболеваемости и смертность, а также болезни, мутации и смерть живые организмы, в том числе и почвенные.

**Нарушения кислотности и щелочности почв.** Подкисление и подщелачивание почв – процесс изменения кислотно-щелочной реакции почвы, нарушения (изменения) почвенно-геохимического состава процессы, приводящие к снижению устойчивости экосистем и их гибели растительность (Федорова и др., 2000).

Изменения в реакции почвы в жилых районах оказывают негативное влияние воздействий на почвенную биоту и растения. Почва, имеющая буферную способность, в пределах незначительных изменений, то реакция среды не испытывает отрицательных эффектов последствия. При изменении реакции почвы в сторону подкисления, а также подщелачивание и продолжительность процесса воздействия в зависимости от гумусового состояния при деградации почвы и изменении ее свойств (нарушение структуры, изменение элементного состава и физико-химических свойств). собственности). В жилых старых районах больше всего грунтов, которые имеют щелочную среду и обогащены карбонатами кальция (методические....., 2003). Подкисление происходит в зоне распределения флювиогляциальных отложений с малогумусными почвами, в которых существует низкое

количество поглощающей способности и емкости катионного обмена (Методические..., 2003).

Подкисление и выщелачивание земель общего пользования, промышленные зоны, склады, автомобильные фермы, автомобильные дороги имеют локальное распространение и зависит от местных источников загрязнения. На фоне общих негативных процессов в почве, обусловленных ее буферизацией, они мало страдают от слабых форм подкисления и выщелачивания. Почва лесопарки и парки, за исключением грунтовых бульваров и скверов в центрах городов, они обладают кислой реакцией среды, что является нормой для этих почв (Атлас почв..., 2011).

### **3.4. Биологические изменения**

**Истощение и нарушение органофилия, переуплотнение корнеобитаемого слоя.** Истощение и нарушение органного профиля в зоне градостроительства встречается на территории жилых дворов и газонов, в том числе и на территории больниц, детских, образовательных и научных учреждений. Это называется нарушением поверхностных горизонтов в результате вытаптывания, перепланировки и захламление территории, эрозия почв, деградация растительность, химическое загрязнение водными и воздушными потоками и, как правило, отсутствие планомерного содержания территории (Почва..., 1977).

Нарушение продуктивного органического слоя приводит к ухудшению качества продукции санитарно-гигиенические, лесорастительные условия, снижение степени устойчивости почвы и способность к самоочищению, нарушение емкости например, сокращение биоразнообразия. Менее подвержен деградации органоброминовые почвы городских лесов и парков (Методические..., 2003).

Экологические функции городских почв ослаблены не только из-за сильное загрязнение, но а также из-за уплотнения, которое затрудняет

газообмен в системе почва-атмосфера и приводит к появлению эффекта микрочастицы под действием вытаптывания поверхностной корки почвы. В жаркие летние дни асфальтовые поверхности, прогреваясь, отдают тепло не только Земле и в воздушный слой, но и в глубине почвенных горизонтов. При температуре воздуха 26–27 °С температура почвы на глубине 20 см достигает 37°С, а на глубине 40 см – 32°С. Это настоящие горячие горизонты, в которых концентрируются живые окончания корней растений.

Таким образом, для уличных растений создают необычную тепловую ситуацию: температура у них есть более высокие подземные органы, чем надземные. Повторное уплотнение грунта в жилых застройках – это наиболее широкое распространенное явление, которое приводит к изменению водно-воздушного режима корневого слоя и ухудшению его состояния почвенное плодородие. Когда почва чрезмерно уплотнена (особенно корнеплодами слой) происходит гибель многих видов растений, разрушается дерн, изменения поверхностного стока, приводящие к деградации экосистем или ослабление его рекреационной ценности (Почва..., 1997).

**Сокращение биоразнообразия почвенных организмов.** В результате снижения плодородия почв городских территорий происходит снижение биологического разнообразия урбанизированных почв. Снижение плодородия связано с загрязнением почвы токсикантами; регулярная уборка растительных остатков и стрижка газонов; истощение почвенной микрофлоры. В городе наблюдается резкое истощение всех компонентов биоты, которые широко распространены в природных условиях экосистемы.

Изменения в составе, численности и структуре макробиоты, мезобиота и микробиота в направлении сокращения численности населения, упрощения структура сообществ, ослабление их продуктивных способностей, которые приводит к потере внутрпочвенной биомассы. Почвах города почти отсутствуют такие полезные и незаменимые члены почвенного населения как дождевые черви. Городские почвы часто стерильны до метровой глубины (Методические..., 2003).

Отсутствие доступа к общественному здравоохранению имеет первостепенное значение патогенный микроорганизм. Это оказывает непосредственное влияние на санитарно-эпидемиологическое состояние территории города. Однако заражение населения может происходить не только через почву, но и через воздух, а также и воду (Примак, 2002).

## **ГЛАВА 4. МОНИТОРИНГ ГОРОДСКИХ ПОЧВ, ИХ ОХРАНА И ВОССТАНОВЛЕНИЕ**

### **4.1. Мониторинг химического загрязнения почв**

Главная экологическая роль почвы в жизни биосферы выявляют потребность организации и проведения почвенного мониторинга, как составляющей мониторинга окружающей среды (Добровольский и др., 1983). Под пониманием почвенного мониторинга заключается подсистема непрерывного целенаправленного наблюдения (Грива, 1997) за состоянием почв урбанизированных территорий, в конечном итоге происходит обнаружение изменений качества почв и обретение достоверных данных для дальнейшего мониторинга, в итоге чего можно обнаружить расчет ущерба почвам городских территорий.

Целью почвенного мониторинга является выявление критических вопросов проверяемых показателей, которые будут употребляться в качестве основы принятия экстренные меры для предотвращения или устранения неблагоприятных процессов.

Исходя из поставленной цели, решаются главные задачи городского почвенного мониторинга. В результате решения поставленной задачи предоставляются комплексные оценки ситуации в городской среде на основе всех вида факторов данных, которые были полученных в результате экологического мониторинга. Проблемы экологического почвенного мониторинга неизбежно приводящие к созданию и применению ГИС (Иванников и др., 2001).

Наиболее главное и сложное находящаяся в комплексе разносторонних проблем организации и проведения почвенного мониторинга представляет выбор методов почвенного мониторинга контролируемых показателей (Гришина и др., 1991). Список показателей в первую очередь, должен быть оптимальным, обеспечивающим реальность исполнения и не



провоцирующий на потерю информации. Наивысшая результативность будет достигнута только при одновременном мониторинге для набора параметров, которые показывают мобильность и стабильность свойства почв, а также кроме этого, и специфика различных типов почв

Данный мониторинг необходимо проводить на территориях повышенного риска, в зоне влияния автотранспорта, захороненных промышленных отходов, а также в места временного хранения промышленных и бытовых отходов и т.д. Список коэффициентов, которые были использованы в результате изучения почвенного мониторинга, определяются с помощью учета целей и задач по согласованию с органами власти и учреждениями, проведение государственного санитарно-эпидемиологического контроля (Добровольский и др., 1985).

Опираясь на коэффициенты, учитывающие при проведении почвенно-химическом мониторинге, можно выделить две группы ( Мотузова и др., 2007):

1. Биохимические (прямые, специфические) – показатели общего заключения поллютантов, с прямым токсическим действием которых связано отрицательное слияние загрязняющих веществ на живые организмы. Эта группа включает в себя такие показатели как общее содержание загрязняющих веществ, так и содержание соединений загрязняющих веществ, которые в свою очередь имеют как реальную подвижность, так и непосредственно связанные с ними потенциально подвижные соединения одних и тех же веществ, которые входят в состав твердых фаз почвы. Содержание таких показателей описывают способность загрязняющих веществ пересекаться в экстрактах разбавленных кислот, растворах солей и комплексообразователей.

2. Педохимические (косвенные, неспецифические) – это показатели химических свойств почв, которые изменяются в результате поступления загрязняющих веществ.

Показатели мобильности также подлежат обязательному мониторингу загрязняющих веществ, так как они характеризуют их способность перехода в соседние среды (Почвы в биосфере..., 2012).

Для анализа чаще всего используются верхние слои почва (0–2, 0–5, 0–10). Кроме того, также к предмету анализа относятся распределение загрязняющих веществ в почве профиля. Важную роль здесь играют верхние горизонты почвы, которые в свою очередь являются геохимическим барьером для потока поступающих веществ из атмосферы. Эффективность такого барьера зависит от свойства почвы, ну а также и самого вещества, его способностью поглощаться почвой. В условиях выщелачивания загрязняющие вещества могут проникнуть глубоко внутрь и накапливаться в иллювиальных горизонтах, в результате которые также служат геохимическим барьером (Шунелко, 2006).

Экологическую оценку ситуаций, происходящих в городской среде и устойчивость растительности в городе, напрямую зависит от состояния урбанизированных территорий (Смагин и др., 2008). Почва обусловлена важными функциями для жизнедеятельности и восстановления окружающей среды, в ней происходит уничтожение органических отходов, очистка атмосферы и поверхностных вод, помимо этого, формируется микроклимат, фиксация земной поверхности, биофильные элементы и макроэргические химические элементы соединения (Почва, 1997) .

Значительную роль в загрязнении городской почвы, которые можно выделить и в составе, это макро- и микроэлементы, кроме этого газы и гидрозолы, и сложные органические соединения, также они являются атмосферными выбросами.

Подготовка к проведению почвенного опробования проводится, в основном, в зимний период и включает (Гришина и др., 1991):

- подбор картографического материала (почвенных, геохимических, геоботанических карт, масштаб которых соответствует масштабу более

детальных топографических карт, по которым будет осуществляться экспедиционная работа);

- сбор сведений об источниках загрязнения почв (расположение, сырьё, объёмы производства и отходов);
- выбор положения маршрутов, определение сроков проведения работ и последовательности отработки площадей;
- рекогносцированные работы с отбором объединённых проб по редкой сети;
- выбор ключевых участков.

Наблюдения должны гарантировать результат таких задач, как (Гришина и др., 1991) выявление всех географических закономерностей, оформить современный уровень химического загрязнения почв, и фиксацию динамики временных изменений загрязнения почв; снабжение информацией об уровне загрязнения почв заинтересованным организациям; оценку тенденций изменения химического состава почв в ближайшем будущем и прогноз возможных последствий загрязнения почв; разработку природоохранных мероприятий, направленных на улучшение состояния загрязнённых почв.

Таким образом, можно выделить виды наблюдений:

- режимные (систематические) за уровнем содержания химических веществ в почвах в течение определённого промежутка времени;
- комплексные, включающие исследования процессов миграции загрязняющих веществ в системе атмосферный воздух–почва, почва–растение, почва–вода и почва–донные отложения;
- изучение вертикальной миграции загрязняющих веществ в почвах по профилю;
- наблюдения за уровнем загрязнения почв в определённых пунктах, намеченных в соответствии с запросами тех или иных организаций.

Отбор почвенных проб при развернутых стационарных наблюдениях можно осуществлять в любое время года. В других случаях – в сухой

период, то есть летом или в начале осени. В центре карты устанавливается выбранная часть города, Из центра, обязательным образом проводят окружности радиусом 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 8,0; 10; 20; 30; 50 км. После нарисованного радиуса на карту переносят контур розы ветров (многолетний), также обозначается самый наибольший вектор, который составляет 10–30 км. Секторы воздвигают в направлении радиусов шириной от 100-300 м до 1–3 км для работы в масштабе 1:10000.

Правильное осуществление работы и проведение точного анализа материалов и почвенных проб взятых из верхних поверхностных слоев почвы, позволяет значительно сократить время и затраты на проведение основных работ на ключевых участках. Ключевые участки включают фоновые и техногенные. Ими должны быть отнесенные все ландшафтно-геохимические условия, типичные почвы и биоценозы (Строганова и др.,1992).

В городской зоне отбор почвенных проб создаются по квадратной сетке, снабжающий плотностью 4–7 проб на 100 га, методом конверта со стороной 4–10 м с глубины 30 см. Карта оставляется с разъяснительной запиской, в которой описывается методика отбора почвенных проб, виды и характеристики использованных видов анализа, физико-географические и метеорологические условия региона, даётся характеристика источников загрязнения. Предоставление результата производится в виде таблицы.

В связи с повсеместным загрязнением городских почв тяжелыми металлами в настоящее время необходимо нормализовать их содержание (Опекунов, 2006).

Вопросы экологического регулирования в целом были рассмотрены не так давно, несмотря на то что, учеными такие вопросы обсуждаются уже больше десяти лет и до настоящего времени далеко от решения (Черных и др., 1995). Вопрос нормализации содержания тяжелых металлов в почве является очень сложным, который необходимо решать исходя из ее свойств.

## 4.2. Восстановление и охрана почв

Методы и приемы по охране окружающей среды и ее компонентов используются в научной литературе и нормативных документах, которые в свою очередь четко определены большим количеством терминов (Почва..., 2006). Анализ существующих нормативных документов показал, что наиболее поочередно развивается механизм управления почва и качество почв в градостроительстве, это связано с производством земляных работ. В обязательном порядке проводится мониторинг санитарно-эпидемиологического состояния городских почв и грунт при новом строительстве и комплексном строительстве озеленение (рис. 3). С этой целью в рамках инженерно-экологических и природоохранных мероприятий исследования проводятся с целью оценки уровня химического, биологического, а также и радиационное загрязнение почвы и грунта развивается рекомендации по использованию грунта и почв, которые были удалены в результате проведения земляных работ (Яковлев, 2010).

Все интересующие вопросы по охране земель и почв регулируются экологическим, а также и земельным законодательством. Федеральным законом «Об охране окружающей среды» (2002) в перечень объектов охраны окружающей среды от загрязнения, истощения, деградации, порчи, уничтожения и иного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности включены, среди прочих объектов, земли и почвы (статья 4), дефинируемые в статье 1 как компоненты природной среды.

Цели охраны земель установлены Земельным кодексом РФ (2001):

- предотвращение деградации, загрязнения, захламления, нарушения земель, других негативных (вредных) воздействий хозяйственной деятельности;
- обеспечение восстановления и улучшения земель, подвергшихся деградации, загрязнению, захламлению, нарушению, другим негативным

(вредным) воздействиям хозяйственной деятельности (Земельный кодекс, 2001).



Рис 3. Систематизация мероприятий по охране почв

Роль почвы как объекта охраны земель отражена в статье 13, в тех случаях, когда содержание охраны земель включает в себя, во-первых, обязанность собственника, землевладельца, землепользователя, а также арендаторов земельных участков осуществлять деятельности по сохранению почвы и ее плодородия, а в необходимых случаях - путем восстановления и улучшения плодородия почв. Статья 42 Земельного Кодекса Российской Федерации кодекс устанавливает обязанности землевладельцев и домовладельцев. Лица, не являющиеся их собственниками, осуществляют свою деятельность защищать землю и другие природные ресурсы, а также предотвращать загрязнение, засорение, деградация и ухудшение плодородия почв на данной территории земли

соответствующих категорий. Таким образом, защита почвы является наиболее важными из мер по охране земель с точки зрения обеспечения потребностей сельскохозяйственное производство и лесное хозяйство.

Возникшие вопросы по охране земель можно рассмотреть в специализированных, самостоятельных документах. На повышение продуктивности и устойчивости земледелия, обеспечение гарантированного производств сельскохозяйственной продукции направлен Федеральный закон «О мелиорации земель» (1996), в котором в целях сохранения и повышения плодородия земель предусмотрены мелиоративные мероприятия по улучшению состояния почв (О мелиорации земель..., 1996).

Вопросам изучения состояния земель, оценке качества земель, инвентаризации земель, планированию и организации рационального использования земель и их охраны посвящен Федеральный закон «О землеустройстве» (2001).

Восстановление продуктивности и хозяйственной ценности земель, а также улучшение условий окружающей среды обеспечиваются комплексом работ по рекультивации земель. Этот термин чаще используется применительно к нарушенным землям, утратившим исходную природно-хозяйственную ценность и, как правило, являющихся источником отрицательного воздействия на окружающую среду. Осуществляется рекультивация, в соответствии с постановлением. Правительства РФ «О рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы» (1994), за счет собственных средств юридических лиц и граждан в соответствии с утвержденными проектами. Порядок осуществления рекультивации земель, снятия, сохранении и рационального использования плодородного слоя почвы детально описан в многочисленных научно-методических работах и нормативных документах (Об утверждении основных положений о рекультивации земель..., 1995).

Градостроительным кодексом РФ (2004) предусмотрен учет требований охраны окружающей среды при осуществлении

градостроительной деятельности, охраны объектов культурного наследия, особо охраняемых природных территорий и иных природных объектов при разработке градостроительных регламентов (Градостроительный кодекс, 2004). При проектировании, строительстве, реконструкции, эксплуатации и выводе из эксплуатации объектов хозяйственной деятельности в городских условиях должны предусматриваться меры по охране земель от химического, радиоактивного и биологического загрязнения, от захламления земель отходами производства и потребления, от подтопления и последствий иных негативных воздействий и процессов, влекущих ухудшение качества земель.

В процессе формирования городской среды и градостроительной деятельности под воздействием строительства значительная часть земель нарушается, поэтому рекультивация земель населенных пунктов – необходимый и существенный этап их охраны. При этом необходимо обеспечить соблюдение установленных экологических, санитарно-гигиенических и иных нормативов качества земель и нормативов допустимых воздействий на земли. По степени опасности в санитарно-защитном отношении почвы населенных мест подразделяются на следующие категории по уровню загрязнения: чистая, допустимая, умеренно-опасная, опасная, чрезвычайно опасная (Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы, 2003). Исходя из уровня загрязнения, рекомендуются различные мероприятия по восстановлению и использованию почв.

Хозяйственная и иная деятельность, осуществляемая с нарушением требований по охране земель, должна быть ограничена, приостановлена или запрещена уполномоченными органами в зависимости от степени нарушений.

На стадии благоустройства возможно осуществление работ по восстановлению и оздоровлению почв, роль которых в городских условиях показана работами М.Н. Строгановой, Т.В. Прокофьевой, А.С. Курбатовой и др. (Почва... , 1997). Однако до настоящего времени для земель населенных пунктов нормативно не определены ни параметры и показатели



экологического состояния почв, ни порядок проведения почвенных обследований, хотя состояние почвенного покрова оказывает существенное влияние на состояние городской среды (Экологические функции городских почв, 2004).

## ВЫВОДЫ

1. Естественные почвы в городской среде расположены глубоко под поверхностью и представляют собой природные или природно-антропогенные твердофазные тела, экспонированные на поверхности земли и образованные в результате долголетнего взаимодействия процессов дифференциации начального минерального и органического материала. Антропогенные почвы в отличие от естественных почв антропогенные почвы имеют новую систему горизонтов, образовавшихся в результате антропогенных воздействий, и в зависимости от физико-механических перестроек и изменений вследствие химического загрязнения относятся к 2 группам: 1) урбаноземы, культуроземы, некроземы; 2) индустриоземы и интруземы.

2. Почвы городских систем отличаются по физико-химическим свойствам (плотность, кислотность, содержание химических элементов), составу органического вещества, набору почвенных микроорганизмов, характеру растительности. В состав городских почв включается бытовой и строительный мусор.

3. К негативным изменениям в урбозкосистемах относятся физические (эрозия, нарушение водного баланса), механические (запечатывание почв, засыпка, захламление), химические (нарушение щелочности и кислотности, загрязнение) и биологические (истощение и нарушение органофилия, переуплотнение корнеобитаемого слоя, сокращение биоразнообразия) процессы..

4. Мониторинг состояния городских почв включает оценку химического загрязнения, токсического воздействия поллютантов на живые организмы, изменение физико-химических свойств.

Для восстановления почвенного плодородия и охраны городских почв могут быть рекомендованы следующие мероприятия: землевание, манация,

дезактивация, детоксикация, ремедиация, репрантация, рссоление,  
ревитализация.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ахтырцев Б.П., Джувеликян Х.А., Сушков В.Д. Влияние промышленных выбросов на почвы в районе крупных индустриально-городских комплексов // Химия, физика и мелиорация почв. – Воронеж: Мир, 1980. – С. 183
2. Байбеков Р.Ф., Савич В.И., Овчаренко М.М., Габбасова И.М., Афзалов Р.Ш.. Методы исследования городских почв. – М.: ФГОУ ВПО РГАУ, МСХА им. К.А. Тимирязева, 2007. – С. 202
3. Баширова Ф.Н. Характеристика почв промышленных городов Кузбасса в связи с озеленением. Автореф. дис. канд. наук. – Новосибирск, 1975. – С. 25
4. Безуглова О.С., Горбов С.Н., Приваленко В.В. Формирование гумусового профиля и микроэлементного состава почв рекреационных территорий г. Ростов-на-Дону // Почвоведение, 2000. – №9. – С. 1142–1148.
5. Будрейко Е. Н. Экология городов. Загрязнение почв, воды и воздуха, 2009. – Режим доступа : <http://www.portal-slovo.ru/impressionism/41495.php>.
6. Васенев В.И., Прокофьева Т.В., Макаров О.А. Разработка подхода к оценке запасов почвенного органического углерода мегаполиса и малого населенного пункта // Почвоведение, 2013. – № 6. – С. 725–736.
7. Виноградов А.П. Основные закономерности в распределении микроэлементов между растениями и окружающей средой // Микроэлементы в жизни растений и животных. М.: Наука, 1985. С. 7–20.
8. Владимиров В.В. Расселение и экология. – М.: Стройиздат, 1996. – С. 392
9. Гантимуров И.И. К вопросу о метаморфозе почв городов по данным наблюдений в г. Новосибирске // Охрана природы на Урале. – Свердловск: Урал, 1966. – С. 45–52.

10. Герасимова М.И., Строганова М.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. Антропогенные почвы: генезис, география, рекультивация. – Смоленск: Ойкумена, 2003. – С. 268
11. Глазовская М.А. Общее почвоведение и география почв. – М.: Высшая школа, 1981. – С. 400
12. Градостроительный кодекс Российской Федерации. Федеральный закон от 29.12.2004. №190-ФЗ // СЗ РФ. 2002. №2. ст. 133.
13. Гиниятуллин Р.Х. Накопление металлов древесными растениями в условиях промышленного загрязнения // Дендрэкология: техногенез и вопросы лесовосстановления. – Уфа: Гилем, 1996. – С. 58–64.
14. Грива Г.И. Экологический мониторинг природно-технических комплексов на объектах предприятия «Надымгазпром» (принципы, методы и опыт организации) // Повышение эффективности освоения газовых месторождений Крайнего Севера. – М., 1997. – С. 555–566.
15. Гришина Л. А., Копчик Г. Н., Моргун Л. В. Организация и проведение почвенных исследований для экологического мониторинга. – М.: Изд-во Мос. ун-та, 1991. – С. 4-8.
16. Гришина Л.А., Макаров М.И., Сапегина И.В. Влияние промышленного загрязнения на органическое вещество почв // Влияние атмосферного загрязнения на свойства почв. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – С. 95-137.
17. Данилов П.П. Техногенные поверхностные образования Мирнинского промышленного узла. – Пермь. 2012. – С. 144–148.
18. Добровольский Г.В., Орлов Д.С., Гришина ЛЛ. Принципы и задачи почвенного мониторинга // Почвоведение, 1983. – № 11. – С. 23–34.
19. Долгова Л.Г. О фенолоксидазной активности почвы в условиях промышленного загрязнения // Почвоведение, 1973. – № 9. – С. 64–69.
21. Егоров В.В. Классификация и диагностика почв СССР. – М.: Колос. 1977. – С. 225

22. Еремин Д.И., Попова О.Н. Формирование почвенной микрофлоры в антропогенно-преобразованных почвах // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья, 2015. – № 4 (31). – С. 7–12.
23. Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – С. 256
24. Земельный кодекс Российской Федерации (от 25.10.2001 № 136-ФЗ) // СЗ РФ. 2001. №44. ст.4147
25. Земляницкий Л.Т., Полтавская И.А., Желдакова Г.Г. Подготовка городских почвогрунтов для озеленения. – М.: Прогресс, 1962. – С. 30
26. Иванников А.Д., Кулагин В.П., Тихонов А.Н., Цветков В.Я. Геоинформатика. – М: МАКС Пресс, 2001. – С. 352
27. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. – Новосибирск: Наука, 1991. – С. 150
28. Ильминских Н.Г., Шмидт В.М. Специфика городской флоры и ее место в системе других флор // Актуальные проблемы сравнительного изучения флор. – СПб., 1994. – С. 261–269.
29. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. М. Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – С. 439
30. Кадулин М.С., Копцик Г.Н. Эмиссия CO<sub>2</sub> почвами в зоне влияния горно-металлургического комбината «Североникель» в Кольской субарктике // Почвоведение, 2013. – № 11. – С. 1387–1396.
31. Ковалевская О. М. Трансформация почвенного покрова городов // Почвоведение, 2012. – № 6. – С. 23–27.
32. Ковда Р.А., Розанов Б.Г. Почвоведение: 2 часть. — М.: Москва «Высшая школа». 1988. – С. 14-15.
33. Корляков А.С. Лугово-болотные почвы зоны рисосеяния Приморья. // Генезис и биология почв юга Дальнего Востока. – Владивосток: ДВО РАН, 1994. – С. 274–285.
34. Коршиков И.И. Адаптация растений к условиям техногенно-загрязненной среды. – Киев: Наукова думка, 1996. – С. 239

35. Классификация и диагностика почв России / Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.Н. Герасимова. – Ойкумена Смоленск, 2004 – С. 341.
36. Лебедева И.И., Базыкина Г.С., Гребенников А.М., Чевердин Ю.И., Беспалов В.А. Опыт комплексной оценки влияния длительности земледельческого использования на свойства и режимы агрочерноземов каменной степи// Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева, 2-16. – № 83. – С. 77–102.
37. Лебедева И.И., Герасимова М.И. Возможности включения почв и почвообразующих пород Москвы в общую классификационную систему почв России // Почвоведение, 2011. – № 5. – С. 624–628.
38. Лепнева О.М. Обухов А.И. Тяжелые металлы в почвах и растениях территории МГУ // Вестник МГУ. Сер. 7. Почвоведение, 1987. – № 1. – С. 36-42.
39. Малинина М.С., Даис Махер Али, Большева Т.Н. Влияние растений и микробной активности на содержание металлов в почвенных растворах дерново-подзолистой почвы в условиях модельного эксперимента // Почвоведение, 2011. – № 3. – С. 336–345.
40. Мамонтов В.Г., Озеров Ю.А., Родионова Л.П. Состав гумуса почв г. Москвы (на примере САО и СЗАО) // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии, 2011. – № 5. – С. 8–12.
41. Марфенина О.Е. Антропогенные изменения комплексов микроскопических грибов в почвах. Автореф. дисс. докт. биол. наук. – М., 1999. – С. 40
42. Методические указания по оценке городских почв при разработке градостроительной документации. М.: МГУ. 2003. – С. 36.
43. Мишустин Е.Н. Ценозы почвенных микроорганизмов // Почвенные организмы как компоненты биогеоценоза. - М.: Наука, 1984. - С. 5-24.
44. Мотузова Г.В. Безуглова О.С. Экологический мониторинг почв. – М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007. – С. 237

45. Мотузова Г.В. Соединения микроэлементов в почвах: системная организация, экологическое значение, мониторинг. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. – С. 168
46. Неверова О.А., Ягодкина Е.А. Устойчивость древесных растений в условиях городской среды // Урбоэкосистемы: проблемы и перспективы развития. – Ишим, 2010. – С. 102–103.
47. Нестерова А.Н. Действие тяжелых металлов на корни растений: Поступление свинца, кадмия и цинка в корни, локализация металлов и механизмы устойчивости растений // Биологические науки, 1989. – № 9. – С. 72–86.
48. Никифорова Е.М., Лазукова Г.Г. Город Москва. Перовский район // Экогеохимия городских ландшафтов. – М.: Изд-во МГУ, 1995. – С. 57–90.
49. Никодемус О.Э., Раман К.К. Агрохимические исследования почв зеленых насаждений городов // Почвенно-агрохимические исследования в ботанических садах СССР. – Апатиты, 1984. – С. 94–97.
50. Обухов А.И., Лепнева О.М. Биогеохимия тяжелых металлов в городской среде // Почвоведение, 1989. – № 5. – С. 610–615.
51. О мелиорации земель. Федеральный закон от 10.01.1996 № 4-ФЗ // СЗ РФ. 1996. №3. ст. 142.
52. Об утверждении основных положений о рекультивации земель, снятии, сохранении и рациональном использовании плодородного слоя почвы. Приказ Минприроды России № 525, Роскомзема № 67 от 22.12.1995 // Российские вести. № 147. 1996.
53. Об охране окружающей среды. Федеральный закон от 10.01.2002 №7-ФЗ // СЗ РФ. 2002. №2. ст. 133.
54. Опекунов А.Ю. Экологическое нормирование и оценка воздействия на окружающую среду. – СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 2006. – 260 с.
55. Природные опасности России. Экзогенные геологические процессы. – М.: КРУК, 2002. – С. 345



56. Полянская Л.М. Содержание и структура микробной биомассы как показатель экологического состояния почв // Почвоведение, 2005. – № 6. – С. 707–714.
57. Почва. Город. Экология. – М.: Фонд «За экономическую грамотность», 1997. – С. 320
58. Почвы в биосфере и жизни человека: монография. – М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2012. – С. 584
59. Прокофьева Т. В., Мартыненко И. А., Иванников Ф. А. Систематика почв и почвообразующих пород Москвы и возможность их включения в общую классификацию // Почвоведение, 2011. – № 5. – С. 611–623.
60. Протасова Н.А., Беляев А.Б. Химические элементы в жизни растений // Соросовский образовательный журнал, 2001. – Т. 7. – № 3. – С. 25–32.
61. Прохорова Н.В., Матвеев Н.М. Тяжелые металлы почвах и растениях в условиях техногенеза // Вестник СамГУ, 1996. – С. 125–147.
62. Савич В.И., Федорин Ю.В., Химица Е.Г. Почвы мегаполисов, их экологическая оценка, использование и создание. – М.: Агробизнесцентр, 2007. – С. 652
63. Садовникова Л.К., Зырин Н.Г. Показатели загрязнения почв тяжелыми металлами и неметаллами в почвенно-геохимическом мониторинге // Почвоведение, 1985. – № 10. – С. 84–89.
64. Сапожников П.М. Мониторинг физических и технологических свойств почв при антропогенном воздействии. // Тезисы докладов II съезда общества почвоведов. – СМб., 1996. – С. 136.
65. Скворцова И.Н. Микробиологические и некоторые санитарногигиенические свойства городских почв // Почва, город, экология. – М.: Фонд «За экономическую грамотность», 1997. – С. 125–149.
66. Смагин А.В., Шоба С.А., Макаров О.А. Экологическая оценка почвенных ресурсов и технологии их воспроизводства (на примере г. Москвы). – М.: МГУ, 2008. – С. 360

67. Соколов О.А., Черников В.А. Экологическая безопасность и устойчивое развитие // Атлас распределения тяжелых металлов в объектах окружающей среды. – Пущипо. ОНТИ ПНЦ РАН, 1999. – С. 164
68. Степанова Л.П., Яковлева Е.В., Писарева А.В. Экологическая оценка влияния антропогенного воздействия на физико-химические свойства урбаноземов, дерново-подзолистой почвы парковой зоны (г. Москва) и серой лесной почвы (шлаковый отвал п. Думчино) // Агробизнес и экология, 2015. – № 2. – С. 244–246.
69. Стома Г.В. Почвы фруктовых садов г.Москвы и их экологическое состояние// Проблемы агрохимии и экологии, 2012. – № 2. – С. 42–46.
70. Строганова М. Н., Мягкова А. Д., Прокофьева Т. В. Городские почвы: генезис, классификации, функции // Почва, город, экология. – М., 1997. – С. 15–85.
71. Строганова М.Н., Мягкова А.Д., Прокофьева Т.В. Роль почвы в городе // Почвоведение, 1997. – № 7. – С. 96–101.
72. Строганова М.Н., Агаркова М.Н. Городские почвы: опыт изучения и систематики (на примере почв юго-западной части Москвы) // Почвоведение, 1992. – № 7. – С. 18–24.
73. Тонконогов В.Д., Шишов Л.Л. О классификации антропогенно преобразованных почв// Почвоведение, 1990. – № 1. – С. 72-79.
74. Черных Н.А., Ладонин В.Ф. Нормирование загрязнения почв тяжелыми металлами // Агрохимия, 1995. – № 6. – С. 71–80.
75. Хазиев Ф.Х., Багаутдинов Ф.Я., Сахабутдинова А.З. Экотоксиканты в почвах Башкортостана. – Уфа: Гилем, 2000. – С. 62
76. Хитров Н.Б. Деградация почв и почвенного покрова; понятия и подходы к получению оценок. – М: Почвенный институт им. В.В. Докучаева РАСХН, 1998. – С. 354.
77. Хмелев К.Ф., Березуцкий М.А. Состояние и тенденции развития флоры 145 антропогенно трансформированных экосистем // Журнал общей биологии, 2001. – Т. 62. – №4. – С. 339–351.

78. Четырехязычный энциклопедический словарь терминов по физической географии. – М.: Советская энциклопедия, 1980. – 704 с.
79. Чибрик Т.С. Фитоценозы техногенных ландшафтов Урала // Ботанические исследования на Урале. Свердловск, 1990. С. 120.
80. Шунелько Е.В., Федорова А.И. Экологическая оценка городских почв и выявление уровня токсичности тяжелых металлов методом биотестирования // Вестник Воронежского университета. Серия Химия. Биология. Фармация, 2006. – № 2. – С. 93–104.
81. Экологические функции городских почв. – Смоленск: Маджента, 2004. – С. 232
82. Яковлев А.С. Биологическая диагностика и мониторинг состояния почв // Почвоведение, 2000. – № 1. – С. 70–79.
83. Яковлев А.С., Решетина Т.В., Сизов А.П., Прокофьева Т.В., Луковская Т.С., Самухина Т.М., Евдокимова М.В. Управление качеством городских почв. – М.: МАКС Пресс, 2010. – С. 70
84. Bridges E.M. Soils in the urban jungle // Geographical magaz., 1989. – V. 61. – P. 1–4.
85. Byrne L.B. Habitat structure: a fundamental concept and framework for urban soil ecology // Urban Ecosyst., 2007. – V. 10. – P. 255–274.
86. Cadenasso M.L., Pickett S.T.A., Grove J.M. Integrative approaches to investigating humannatural systems: The Baltimore ecosystem study // Natures Sci. Soc., 2006. – V. 14. – P. 1–14.
87. Doichinova V., Zhiyanski M., Hursthouse A. Impact of urbanization on soil characteristics // Environ. Chem. Lett., 2006. – V. 3. – P. 160–163.
88. Godbold D.L. Cadmium uptake in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) seedlings // Tree Physiol., 1991. – № 9. – P. 349–357.
89. Griffiths B.S., Wheatley R.E., Daniell T.J. Microbial and microfaunal variation in soil // Annual Report, 2002-2003. – Dundee, 2004. – P. 123–124.
90. Hall J.L., Williams L.E. Transition metal transporters in plants // J. Exp. Bot., 2003. – V. 54. – № 393. – P. 22601–2613.

91. Hart J.J., Welch R.M., Norvell W.A., Sullivan L.A., Kochian L.V. Characterization of cadmium binding, uptake and translocation in intact seedlings of bread and durum wheat cultivars // *Plant Physiol.*, 1998. – V. 116. – P. 1413–1420.

92. Kaye J.P., Mc Culley R.L., Burke I.C. Carbon fluxes, nitrogen cycling, and soil microbial communities in adjacent urban, native and agricultural ecosystems // *Global Change Biology*, 2005. – V. 11. – P. 575–587.

93. Pickett S.T.A., Cadenasso M.L., Grove J.M., Groffmann P.N. et al. Beyond urban legends: an emerging framework of urban ecology, as illustrated by the Baltimore ecosystem study // *BioScience*, 2008. – V. 58. – P. 139–150.

94. Pouyat R.V., Pataki D.E., Belt K.T., Groffman P.M., Hom J., Band L.E. Effects of urban landuse change on biogeochemical cycles // *Terrestrial ecosystems in a changing world*. – Berlin, Heidelberg: Springer, 2007. – P. 45–58.