

**ПОЧВЫ И ТЕХНОГЕННЫЕ  
ПОВЕРХНОСТНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
В ГОРОДСКИХ ЛАНДШАФТАХ**

*Монография*

Владивосток

2012

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Дальневосточный федеральный университет  
Биолого-почвенный институт ДВО РАН  
Тихоокеанский государственный университет  
Общество почвоведов им. В.В. Докучаева

**Ковалева Г.В., Старожилов В.Т., Дербенцева А.М., Назаркина А.В.,  
Майорова Л.П., Матвеев Т.И., Семаль В.А., Морозова Г.Ю.**

# **ПОЧВЫ И ТЕХНОГЕННЫЕ ПОВЕРХНОСТНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ В ГОРОДСКИХ ЛАНДШАФТАХ**

*Монография*

Владивосток  
Издательство Дальнаука

2012

УДК 631.4 (075.8)  
ББК 40.3я73

Рецензент:

профессор *Н.М. Костенков* – заведующий отделом почвоведения  
Биолого-почвенного института ДВО РАН, д.б.н., профессор

**Почвы и техногенные поверхностные образования в городских ландшафтах:** монография / Г.В. Ковалева, В.Т. Старожилов, А.М. Дербенцева, А.В. Назаркина и др. – Владивосток: Изд-во Дальнаука, 2012.- 159 с.

Показано место земли и почвы в городской среде, влияние антропогенного воздействия на почвенный покров города. Дана оценка состояния городских почв, как части мультициклической системы, состоящей из блоков: обследование почвенного покрова и выявление деградированных и загрязнённых почв; проведение рекультивации и санации почвенного покрова; экологический мониторинг состояния почвенного покрова. На примере территорий городов Хабаровска (Хабаровский край) и Уссурийска (Приморский край) показаны источники химических элементов-загрязнителей, оценено влияние их на степень загрязнения почв.

Монография адресована широкому кругу специалистов, занимающихся вопросами охраны природной среды, осуществляющих подготовку проектов рекультивации и озеленения городских территорий, а также может быть применена в сфере образования при подготовке специалистов почвоведов, экологов и проч.

ББК 40.3я73

© Ковалева Г.В., Старожилов В.Т., Дербенцева А.М.,  
Назаркина А.В., Майорова Л.П., Матвеев Т.И.,  
Семаль В.А., Морозова Г.Ю., 2012

© Биолого-почвенный институт ДВО РАН, 2012

© Тихоокеанский государственный университет, 2012

ISBN 978-5-8044-1212-9

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время городские почвы чаще всего не рассматриваются, как самостоятельное природное тело, а принимаются как грунт, субстрат для озеленения, для посадки новых зелёных насаждений. Как отмечают А.С. Яковлев, Т.В. Решетина, А.П. Сизов и др. (2010), особенно заметно эта проблема проявляется в новых строящихся районах, в условиях освоения территорий после строительства, в результате которого происходят значительные изменения горизонтальной и вертикальной структуры исходного почвенного покрова, нарушение морфологического строения, физических и химических свойств почв. Формируются, так называемые, антропогенно-преобразованные почвы и техногенные поверхностные образования (Классификация и диагностика почв России, 2004).

В связи с этим и экологические функции городских почв отличны от природных. Главные из них следующие:

- способность почв обеспечивать произрастание травянистой и древесно-кустарниковой растительности, а также жизнедеятельность почвенных организмов;
- способность поглощать загрязняющие вещества и предотвращать их проникновение в сопредельные природные среды;
- способность поддерживать биоразнообразие на территории города.

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

Одним из распространенных видов загрязнения является поступление в различные среды городов химических элементов-загрязнителей (тяжелых металлов). Это оказывает значительное отрицательное влияние на химический состав почв, пищевые свойства растительности, качество питьевой воды. Попадая в почву тяжелые металлы, вступают во все процессы, происходящие в ней. Затрагиваются все главные функции, которые выполняет почва, а также попадают во все основные циклы миграции, происходящие в биосфере. Важность понимания проблемы загрязнения почв тяжелыми металлами определяется также в том, что почвы являются природным накопителем тяжелых металлов в окружающей среде и основным источником загрязнения сопредельных сред, включая растения

(Соколов, Черников, 1999). Поскольку почвенный покров представляет собой систему менее динамичную и более буферную, чем атмосферный воздух и водоёмы, а также обладает свойством аккумулировать вещество, то его загрязнение можно использовать как индикатор загрязнения приземных слоёв воздуха, которым мы дышим. Для определения размеров загрязнения необходимо заранее знать количество и состав загрязнителей. 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 природной среды, проведения исследований, позволяющих не только выявить и оценить опасность загрязнения, но и установить тенденции и скорость происходящих изменений.

В монографии использована «Классификация и диагностика почв России» (2004), а также рабочая классификация «Почвы ландшафтов Приморья» (2011).

## **1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ**

Интенсивная и разнообразная деятельность человека в крупных городах и их окрестностях приводит к значительному изменению окружающей среды: изменяется рельеф, гидрографическая сеть, естественная растительность уничтожается или заменяется на урбофитоценозы, сильно трансформируется почвенный покров, изменяются климатические характеристики, т.е. формируется специфический тип городского микроклимата. В крупных городах антропогенное воздействие становится преобладающим над естественными природными факторами почвообразования, что приводит к формированию специфических почв и почвоподобных тел (образований). В таком случае тип землепользования является формирующим фактором почвенного покрова. Неблагоприятные воздействия окружающей среды ведут к деградации почвы, следствием чего является уничтожение растительности. Все это в совокупности приводит к ухудшению химического состава воздуха и общей экологической обстановки, влияющей на здоровье людей. Неблагоприятные экологические процессы существенно затрудняют (препятствуют) выполнение почвами заданных им экологических функций. Значительная часть территорий крупных городов находится в зоне действия негативных процессов, влияющих на экологическое состояние почвенного покрова и функции почв. По прогнозам экологов эти воздействия будут усиливаться (Почва, город...1997).

### **1.1. Историческая справка**

Считается, что изучение почв городских территорий – это молодое направление в науке. Но известно, что еще В.В. Докучаев обратил внимание на необходимость исследований почвенного покрова Санкт-Петербурга и других городов России. В 1890 году им была разработана комплексная, экологически обоснованная, всесторонняя программа исследований «Детальное естественно-историческое, физико-географическое и сельскохозяйственное исследование Санкт-Петербурга и его окрестностей», для исполнения которой были привлечены лучшие ученые своего времени, но, к сожалению, эта работа не была закончена (цит. по: Докучаев, 1953).

Экологические концепции начали привлекать особое внимание ученых с начала 1920-х годов. В 1922 году Х. Берроуз обратился к Американской ассоциации географов с президентским адресом: «География как экология человека». В нем выдвигалась задача: изучать взаимоотношения между людьми и территорией (Barrows, 1923). В.Б. Сочава (1970) в своей работе «География и экология» отмечает, что проблема «человек и среда» одна из наиболее древних в науке, но она никогда не стояла так остро, как в последнее время. В прошлом изменение образа жизни человека и

трансформация природной среды происходила медленно, и адаптация осуществлялась без особых эксцессов. В настоящее время окружающая человека природная среда меняется с исключительной быстротой. Это происходит под воздействиями, которые она испытывает со стороны человеческого сообщества. Для сохранения биологического равновесия необходима информация, касающаяся природной среды и закономерностей взаимоотношения с ней человека, а также прямое участие ученых в разработке мероприятий по предупреждению нежелательных природных трансформаций окружающей человека природных условий. В.И. Вернадский (1965) первым обратил внимание на химическую и биогеохимическую сторону антропогенного изменения окружающей среды и его глобальный характер. Он в качестве нового для биосферы вида геохимической миграции выделил биогенную миграцию атомов 3-го рода, вызываемую человеческим разумом и трудом.

В настоящее время интенсивно разрабатываются теоретические основы учения о городских экосистемах и о роли почв в них. Одна из первых работ – это монография голландского ученого А. Винка «Ландшафтная экология и землепользование», в которой значительное внимание уделено урбанизированным экосистемам (Vink, 1983). В 1991 году опубликован сборник, посвященный городским почвам «Soils in the Urban Environments» (Soils..., 1991), а в 1992 году вышла монография Ф. Кроула «Городские почвы в городском ландшафте» (Craul, 1992).

Российские ученые в настоящее время уделяют значительное внимание изучению городских территорий – это монографические работы преподавателей МГУ им. М.В. Ломоносова: «Экогеохимия городских ландшафтов», вышедшая в 1995 году; «Почва, город, экология» (1997); "Окружающая среда крупного города и жизнь растений в нем" (Фролов, 1998); "Эколого-экспериментальные основы зеленого строительства в крупных городах Центральной части России" (Кочарян, 2000) и другие. В этих работах отмечается, что городская среда, постоянно развиваясь, подвергается воздействиям внутренних и внешних факторов. Значительная часть территорий городов подвержена действию негативных процессов, влияющих на экологические функции почв. Экологи прогнозируют, что эти воздействия будут только усиливаться (Экогеохимия городских ... 1995; Почва, город, ...1997; Фролов, 1998; Кочарян, 2000). Будет уменьшаться площадь озеленения, а увеличиваться запечатанность территорий (уменьшение поверхности почвенного покрова), ухудшаться почвенно-гидрологические условия, расти загрязнение воздуха и превышение норм рекреационного использования. Что касается экологической нарушенности почв, так это – переуплотнение корнеобитаемого почвенного горизонта, истощение и нарушение органофилия, сокращение биоразнообразия почвенных микробных сообществ, заражение патогенными

микроорганизмами, загрязнение тяжелыми металлами и другими токсикантами, изменение кислотности почв.

Ю.С. Осипов (2001) в своем приветствии III съезду Докучаевского общества почвоведов (г. Суздаль) отметил, что «перед почвоведом встали новые задачи по разработке научных основ сохранения почвенного покрова, как важнейшей среды обитания и генетического разнообразия растений, животных и микроорганизмов, как незаменимого природного ресурса для ведения сельского, лесного и водного хозяйства, а также для обеспечения экологически благоприятных условий жизни человека».

В своем выступлении он также подчеркнул, что в последнее время все большее внимание специалистов привлекает анализ обратного воздействия почв и почвенного покрова на компоненты географической среды – на состав и свойства атмосферного воздуха и природных вод, на параметры поверхностного слоя литосферы, на жизнь наземных экосистем и биосферу в целом. Это направление в почвоведении получило название функционально-экологического, поскольку оно изучает экологические функции почв: плодородие (или шире – биопродуктивность), среду обитания (жизнеобеспечение), биогеохимическую связь и т.д., что позволяет разработать теоретические основы управления экологическим качеством почв и связанных с ними биосферных процессов. Принцип экологизации приобретает важнейшее значение и для прикладных отраслей почвоведения (Осипов, 2001).

Городские почвы до недавнего времени мало исследовались почвоведом. Их усилия главным образом были сосредоточены на изучении естественных и сельскохозяйственных почв. Между тем, почвы, функционирующие в окружающей среде городов, являются важным фактором их экологического и санитарного состояния. Это обуславливает необходимость систематической инвентаризации таких почв, а также изучения особенностей их экологических функций.

В широком понимании городская почва – это любая почва или почвоподобное тело, функционирующее в окружающей среде города. В узком смысле этот термин подразумевает почвы и почвоподобные тела, сформированные деятельностью человека, который одновременно является и пусковым механизмом, и постоянным регулятором городского почвообразования (Строганова, Агаркова, 1992).

## **1.2. Загрязнение почвы**

Одним из основных признаков урбогенеза, влияющим на почвообразование, является загрязнение почвы в результате накопления, перемешивания и заполнения почв загрязнителями непочвенного генезиса. Эти материалы могут быть твердыми, жидкими и газообразными (Sukopp et al., 1979). Загрязнение городских почв – это избыточное содержание

химических веществ в почве, при котором нарушается нормальное функционирование растительности, животных и микроорганизмов, изменяются почвенные процессы (Емельянов, 1982).

Воздействие атмосферного загрязнения на почвы проявляется в целом ряде процессов. При непосредственном поступлении с осадками и пылью идет аккумуляция загрязнителей в почве. Гумусово-аккумулятивный горизонт является важным сорбентом и накопителем поступающих с выбросами соединений, причем в подстилке их содержание может увеличиться на 1-2 порядка. Накопление загрязнителей заметно изменяет природное количественное соотношение отдельных элементов, их органических, органоминеральных и минеральных форм соединений в почве. Поллютанты действуют как на минеральную часть, так и на органическое вещество почвы (Zang et al., 2006; Chen et al., 2006). В результате снижения биологической активности почв и скорости трансформации растительного опада уменьшается содержание водорастворимых органических соединений, в том числе углеводных и фенольных компонентов. Скорость распада органического вещества и биологическая активность почв зависят не только от интенсивности загрязнения, но и от состава токсикантов (Li et al., 2006a). Загрязнение почв тяжелыми металлами и токсичными окислами вызывает замедление деструкционных процессов, падение интенсивности выделения  $\text{CO}_2$ , уменьшение полифенолоксидазной, дегидрогеназной и липазной активностей почв (Безуглова и др., 1999; Yang et al., 2006).

До недавнего времени важнейшими загрязнителями считались главным образом пыль, угарный и углекислый газы, окислы серы, азота, углеводороды, соединения фосфора, калия, синтетические органические вещества, радиоактивные изотопы. Тяжелые металлы и их соединения рассматривались обычно в меньшей степени, но начиная с 1960-х годов интерес к ним, как загрязнителям окружающей среды резко повысился. Прежде всего, это связано с фактами проявления острых токсических эффектов, вызванных загрязнением ртутью, кадмием и свинцом. Кроме того, именно для тяжелых металлов характерно воздействие с отдаленными последствиями. Токсические свойства малых концентраций многих элементов усугубляется их способностью к накоплению в живых организмах. Это явление выявлено для свинца, ртути, кадмия, хрома и некоторых других. Токсические и химические свойства тяжелых металлов - точнее их суммирование - представляет очень серьезную опасность, что привело к принципиальной переоценке их значимости относительно других видов загрязнителей (Методические рекомендации..., 1982).

Выявлено, что большинство выбросов токсических веществ в городскую среду сосредотачиваются на поверхности почвы, где происходит их постепенное внедрение в среду, что ведет к изменению химических и физико-химических свойств субстрата. Почва является хорошим

геохимическим барьером, благодаря которому происходит резкое снижение миграции элементов. Распределение тяжелых металлов в почвах города не подчиняется закону нормального распределения, содержание тяжелых металлов может варьировать на 2-3 порядка, локально превышая предельно-допустимые концентрации (ПДК) в 5-100 раз (Новиков, 1975; Обухов и др., 1990; Обухов, Кутукова, 1990; Singh, Kumar, 2006; Bretzel, Calderisi, 2006).

В.С. Артамонова в своей монографии (2002) отмечает, что одним из основных источников загрязнения признан автотранспорт. Специалисты насчитывают в выхлопных газах около 40 химических веществ. Особую опасность представляют высокотоксичные соединения: оксид углерода, формальдегид, смесь углеводородов, в том числе бензапирен. Большинство используемых видов топлива содержит широкий спектр металлов: кадмий, никель, цинк, мышьяк, олово, свинец, ртуть, которые добавляются для повышения октанового числа, а также медь, фосфор, серу, предупреждающих биоповреждение топлива и технических смазок. При попадании в окружающую среду такого набора нежелательных компонентов наблюдается ухудшение ее качества, а при высокой концентрации серы – сильная задымленность. Углеводородные компоненты топлива и его добавки условно можно разделить на две группы: легкие фракции (бензины различных марок, керосин) и тяжелые (горючесмазочные материалы, технические смазки и др.) (Gamst et al, 2007). В большинстве ситуаций использование транспорта различного назначения сопровождается смешиванием фракций и комбинированным воздействием на окружающую среду, в том числе почву. Особенно много токсичного свинца, его следы находят на расстоянии более 100 метров от автомагистрали.

По данным геохимического обследования г. Москвы (О состоянии..., 1993) отмечен слабый уровень загрязнения почв на 22% территории, который приурочен к периферическим участкам на западе, севере и несколько меньше на юге. Около 40% городских почв имеют сильный уровень загрязнения. Они расположены в основном в центральной и восточной частях города. Спектр загрязнения очень широк и максимально накапливаются элементы 1 и 2 класса опасности. При достаточной обеспеченности городских почв основными питательными элементами к числу лимитирующих факторов почвенного плодородия следует отнести высокие значения pH, переуплотненность и загрязнение ТМ и токсическими веществами (Строганова и др., 1997; Hu et al, 2006; Meers et al, 2005).

Городские почвы, кроме почв крупных лесопарков, имеют повышенные количества таких тяжелых металлов, как медь (Cu), цинк (Zn), свинец (Pb), кадмий (Cd), кобальт (Co) в верхних горизонтах. Для ненарушенных дерново-подзолистых почв лесопарков содержание определяемых тяжелых металлов соответствует фоновому значению в верхних горизонтах и уменьшается вниз по профилю. Особую опасность

представляет наличие больших количеств не только валовых, но и подвижных форм соединений тяжелых металлов. Содержание в почвах свинца (Pb) и цинка (Zn), кроме лесопарков, в 3-4 раза превышают ПДК (Обухов, Лепнева, 1989; Обухов и др., 1990; Обухов, Кутукова, 1990; Guan, Peart, 2006; Wang et al, 2006).

Растительность вблизи автомагистралей и промышленных предприятий часто находится в угнетенном состоянии, что выражается в изреженности травяного покрова. Это приводит к пылению почвы, что в свою очередь становится источником загрязнения воздуха. Тяжелые металлы вовлекаются в биологический круговорот, передаются по цепям питания и вызывают целый ряд негативных последствий. При максимальном проявлении процесса химического загрязнения почва теряет способность к продуктивности и биологическому самоочищению, происходит потеря экологических функций и гибель урбосистемы. Изменяется состав, структура и численность микроорганизмов и мезофауны. «Перегрузка» почвы тяжелыми металлами может частично или полностью блокировать течение многих биохимических реакций. Тяжелые металлы уменьшают скорость разложения органического вещества почв (Гришина и др., 1990; Gao et al, 2006; Li et al, 2006b).

Рельеф городских ландшафтов, подвергающийся воздействию промышленно-газовых выбросов в атмосферу, сбросу жидких и твердых отходов промышленных предприятий на участки, примыкающие к промплощадкам, слабо нарушается, но кардинально изменяется растительный и животный мир, почвенный покров, продуктивность экосистемы (Sun et al, 2005).

О.А. Смирнова (1978) в своей работе отмечает, что, прежде всего, следует обратить внимание на состояние среды в городах, так как человек более всего именно в городах ощущает недостаток чистого воздуха, шум и загрязненность. Хотя в несколько меньшей степени, это свойственно городам Дальнего Востока. Ландшафтные особенности иногда смягчают, а иногда наоборот, усугубляют неблагоприятные характеристики городских условий. Прибрежное расположение, рельеф, климатические факторы, планировка – все это, так или иначе, может влиять на чистоту воздушного бассейна и температурный режим городов. Однако гористый рельеф способствует возникновению температурной инверсии, а близость океана приносит этим городам туманы, повышенную влажность воздуха и относительно низкие температуры – атрибуты муссонного климата, которые можно отнести уже к дискомфортным особенностям среды.

В городе Владивостоке широко развита эрозия склонов и почв, даже на сравнительно равнинных участках. Начало процессу положило сведение лесов в прошлом и возделывание огородов, что послужило оголению склонов. Во время тайфунов происходит смыл почв водными потоками, а в зимний период - выдувание органического вещества при сильных

постоянных ветрах и отсутствии снежного покрова. Огромные масштабы жилищного строительства дали импульс и новое развитие эрозионным процессам (Смирнова, 1990).

Состав, скорость и свойства геохимических процессов, происходящих в почвах антропогенных ландшафтов, отличаются от процессов в естественных условиях. В природных ландшафтах эволюция протекает медленно, и экосистема постепенно успевает к ним приспособиться. Городские системы принципиально отличаются от природных тем, что они подвергаются аварийным катастрофическим воздействиям, а это часто приводит к гибели самой системы (Осипов, 1994). Влияние неблагоприятных процессов, происходящих в почвенной толще на разных категориях земель крупных городов, сказывается не только на данной территории, но и на окружающих почвенно-геохимических ландшафтах. Все категории земель в городе необходимо рассматривать как целостную экологическую систему, в которой взаимодействуют все природные и антропогенные среды (вода, почва, грунты, растительность, горные породы, воздух и человек). Все негативные экологические процессы взаимосвязаны, но на каждой категории городских земель выделяется главный преобладающий негативный процесс. Вследствие того, что в городе распространены как специфические городские почвы и почвоподобные тела (образования) (урбаноземы и урботехноземы), так и островки естественных почв разной степени нарушенности в парках и лесопарках, то при экологической оценке почв территорий, возникает необходимость учета категорий городских земель (Строганова и др., 1997).

В настоящее время для многих крупных городов мира составлены картосхемы и кадастры загрязнения тяжелыми металлами. Установлено, что тяжелые металлы поступают в почву в основном из воздуха, при этом наиболее распространенными является загрязнение такими элементами, как свинец (Pb), мышьяк (As), медь (Cu), цинк (Zn), кадмий (Cd), никель (Ni), ртуть (Hg) (Геохимия..., 1990; Сает, Сорокина, 1985; Обухов, Лепнева, 1988; Обухов, Лепнева, 1989; Обухов и др., 1990; Lux, Hintze, 1983).

В последние годы на первый план вышла проблема загрязнения почв антропогенными материалами, включения которых чрезвычайно сильно влияют на все почвенные свойства, ограничивая площадь возможного проникновения корней и распространения микроорганизмов и уменьшая водоудерживающую способность почв. Кальцийсодержащий строительный мусор, пыль, цементная крошка и подобные материалы способствуют подщелачиванию почвы, а разложение других субстратов (пластика и др.) ведет к высвобождению токсичных веществ и газов, которые замещают кислород в почвенном воздухе (Craul, 1992). К другим загрязнителям, типичным для городских условий относят (Brady, 1990):

- различные формы пестицидов, унаследованные от агроландшафтов и характерные в основном для новых городских территорий;

- органические отходы (жидкие стоки животноводческих комплексов, промышленные органические отходы, сточные воды);
- соли (в первую очередь хлориды натрия и кальция, попадающие в почву из материалов, которыми посыпают дороги и тротуары);
- радионуклиды;
- вещества, попадающие на почву с загрязненными атмосферными осадками.

Благодаря определенным биогеохимическим свойствам и огромной активной поверхности тонкодисперсной части, почва превращается в «депо» токсических соединений и одновременно становится одним из важнейших биогеохимических барьеров для большинства соединений (тяжелые металлы, минеральные удобрения, пестициды, нефтепродукты и т.д.) на пути их миграции из атмосферы города в грунтовые воды и речную сеть. Почва переводит поверхностные сточные воды в грунтовые и их очищает, а также выполняет функцию защитного сорбционного барьера от загрязнения пресных вод водоемов (Прокофьева, 1997).

### **1.3. Растительность**

В городской среде почва необходима для произрастания зеленых насаждений. Экологически неорганизованные не озелененные городские территории являются дополнительным источником поступления в атмосферу твердых веществ, усиливающих эффект запыленности воздуха (в том числе и токсичными веществами). Одно из основных требований к почвам – обеспечение оптимальных условий произрастания зеленых растений в системах урбанوفитоценозов. При достаточной обеспеченности городских почв основными питательными элементами к числу лимитирующих факторов почвенного плодородия следует отнести высокие значения pH (7,0 и более), переуплотнение и загрязнение тяжелыми металлами, углеводородами и другими токсическими веществами (Soils..., 1991; Strampf, Pestemer, 2003).

Благодаря своим специфическим свойствам почва во многом определяет условия жизни человека в городе через выполнение ею санитарных и рекреационных функций. Санитарно-гигиенические функции почвы очень важны, поскольку она является хорошим антисептиком, уничтожая патогенные микроорганизмы и разлагая органические остатки и продукты обмена живых организмов. Антропогенные нарушения почвенного покрова приводят к серьезным нарушениям и деградации всего природного комплекса, что создает угрозу здоровью и жизни человека в городе (Hilbing, Opp, 2005). Роль почвы в городской среде существенна и разнообразна. Выполняя важные средообразующие функции, почвы изменяют химический состав атмосферных осадков и подземных вод, она является универсальным биологическим сорбентом, поставщиком и регулятором содержания CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>,

N<sub>2</sub> в воздухе. Почва в городе является хорошим поглотителем газовых примесей, в том числе от автотранспорта, ТЭЦ, заводов и т.д., она также регулирует газовый состав атмосферы путем выделения и поглощения почвой газов (метан, аммиак, углекислый газ и др.). Почва преобразует состав воздуха при участии живущих в ней микроорганизмов, видовой состав и численность которых сильно изменяется по сравнению с природными условиями. От почвы зависит динамика тепла и влаги в приземных слоях воздуха города (Строганова и др., 1997).

В почвах урбанизированных ландшафтов проблема сохранения и поддержания биологической активности почвы и ее высокой продуктивности не менее важна, чем в землях сельскохозяйственного использования. В городе относительная территория, занятая зелеными насаждениями, на много меньше, чем за его пределами, а плотность населения в 2-3 раза выше, чем в пригородной зоне. В больших современных городах насаждения должны обладать высокой степенью устойчивости и продуктивности, чтобы полноценно выполнять свои экологические функции по оптимизации экологической среды. Развитие, жизнеспособность зеленых насаждений и их устойчивость к высокой рекреационной нагрузке и городским загрязнениям в значительной степени определяется качеством и состоянием почвы, которое, в свою очередь, зависит от активности обитающих в ней живых организмов (Скворцова, 1997).

Флорогенез и фитоценогенез в условиях урбанизированной антропогенной среды высоко специфичны (Чибрик, 1990; Протопопова, 1991; Владимиров, 1996). В природных экосистемах оба эти процесса в немалой степени обусловлены занятостью экологических ниш другими живыми организмами. Биотические отношения занимают в таких случаях центральное место. В городской среде, напротив, на первый план выдвигаются абиотические экологические факторы и стрессы. На территории городов достаточно свободных экологических ниш, но их занятие требует от растений особых свойств – способности произрастать в неблагоприятных условиях (рис. 1).

В условиях городской среды во флору и растительность вносятся много изменений: а) идет уничтожение естественной растительности и селективное подавление отдельных видов; б) осуществляется интродукция новых видов деревьев, кустарников и трав; в) производится выборочная заготовка отдельных видов с отчуждением их биомассы; г) идет стихийный процесс заноса на урбанизированные территории до того не свойственных данной местности видов растений.



Рис. 1. Североамериканский вид ячмень гривастый (*Hordeum jubatum* L.) активно внедряется на территории дальневосточных городов.

В связи с выраженной специфичностью флора отдельного города рассматривается как конкретная урбанофлора, формирующаяся в определенной степени спонтанно (Ильминских, Шмидт, 1994; Hard, 1997; Хмелев, Березуцкий, 2001). Гетерогенность экологической среды городов оказывает влияние на повышение видового богатства растений. Этот процесс усиливается также интродукцией декоративных и других форм, используемых для озеленения территории городов. Одновременно выражен процесс элиминации из флоры апофитов – видов, не приспособленных к обитанию в городской среде. В итоге видовое богатство урбанофлоры отражает соотношение этих двух тенденций. В целом, урбанофлорогенез определяется рядом общих закономерностей, связанных с историей и структурой конкретного города. Флористическое богатство повышается при наличии в городах большего количества категорий экотопов и падает в случае преобладания однообразно промышленно трансформированной среды. По этой причине новые города, состоящие из промышленной зоны и селитебной спальной, имеют низкое флористическое богатство. Повышает количество видов флоры наличие на территории города рек или других водоемов и сохранность естественных фрагментов почв. Аналогичным образом сказывается и уровень развития транспортных сетей.

В формировании городской флоры принимают участие в первую очередь виды растений и их биотипы, преадаптированные к урбанизированным экотопам. Важными свойствами таких растений

являются: продуцирование большого количества семян, их дальний разнос, наличие вегетативного размножения, широкая экологическая амплитуда, устойчивость к тем видам стресса, которые характерны для городских условий.

Важную роль в флорогенезе городов играет отбор видов по их устойчивости к тяжелым металлам в почвах. Некоторые виды имеют эффективные механизмы защиты от этого вида стресса: сниженную проницаемость мембран для тяжелых металлов и повышенную устойчивость к их токсическому действию. Растения быстро перемещают тяжелые металлы в вакуоли и межклетники, переводят в нерастворимые формы, или имеют ферменты, ингибирующие их действие. Устойчивость одного и того же вида растения к разным тяжелым металлам неодинакова. Так, *Festuca ovina* устойчива к свинцу, *Agrostis tenuis* и *Anthoxanthum odoratum* – к цинку и меди (Woolhouse, 1980). Но есть виды растений, устойчивые сразу к большой группе тяжелых металлов. Хотя, как у сравнительно устойчивых, так и у мало устойчивых видов растений, тяжелые металлы снижают продукционный процесс. Происходит это, в основном, из-за нарушений структуры и функционирования ассимиляционного аппарата (Гетко, 1989; Жарко, 1995). Аккумуляция тяжелых металлов в растениях делает последние токсичными для человека и животных.

Отбор видов растений идет в соответствии с их устойчивостью к урбанизированной природной среде. Экспериментально показано, что особенно важна устойчивость к вытаптыванию. Всходы *Poa pratensis* и *Polygonum aviculare* приурочены к наиболее утоптаным и оголенным от другой растительности площадкам. Напротив, *Elytrigia repens*, выпадает из травостоя даже при умеренном уплотнении почвы (Bates, 1935). В сообществах городских экотопов возрастает число нитрофильных видов, так как при низкой плотности популяций фонды азота почвы не используются полностью (Rambousková, 1984).

Классификационные схемы подразделения синантропной флоры на категории исходят из классических разработок М. Рикли (Rikli, 1904) и Ф. Шредера (Schröder, 1969). Это дикорастущие аборигенные виды, интродуцированные и одичавшие интродуцированные, адвентивные. Большой удельный вес имеют рудеральные виды, их число в городах может достигать 130-250 и более. Виды можно подразделять по степени натурализации и устойчивости. Введено понятие видов унификаторов. Это такие виды, которые характерны для флоры разных городов, независимо от их географического положения (Васильева-Немерцалова, 1996). Имеется и ряд современных предложений по детальной категоризации флоры на группы в соответствии с происхождением.

Р. Виттигом с соавторами (Wittig et al., 1985) предложена классификация видов городской флоры по их происхождению и экологии,

согласно которой выделяется пять групп:

1. Экстремальные урбанوفобы – растения, избегающие произрастания в городах и встречающиеся там только случайно.

2. Умеренные урбанوفобы – произрастающие в городах только в местах, сохранивших естественную растительность и почвы, или в местах, почти не затронутых антропогенной трансформацией.

3. Урбанонейтральные виды – убиквисты, которые распространены по всем городским экотопам и отличаются широкими экологическими амплитудами по всем основным факторам. Это такие растения, как *Galinsoga parviflora*, *Polygonum aviculare*, *Plantago major*.

4. Умеренные урбановилы – тяготеют к типично урбанизированным экотопам, т.е. промышленным зонам, местам многоэтажной застройки, но встречающиеся также и в других городских экотопах. К ним относят *Solidago canadensis*, *Oenothera biennis*.

5. Экстремальные урбановилы – это растения, приуроченные исключительно к типично городским экотопам. Некоторые из них имеют узкие амплитуды, например: индустриовилы, произрастающие в местах промышленной застройки, орбитовилы, произрастающие у вокзалов и т.п.

В основу оригинальной классификации видов урбановилы положен способ иммиграции и степень их натурализации (Пузырев, 1988). По способу иммиграции выделяют: а) ксеноовилы – виды, случайно заносимые в города за счет деятельности человека; б) эргазиовилы – одичавшие культурные виды растений; в) ксеноэргазиовилы – виды, как заносимые случайно, так и способные к одичанию. По степени натурализации выделяли: а) агриовилы – натурализовавшиеся в естественных фитоценозах, б) эпектовилы – виды, натурализовавшиеся в рудеральных и сегетальных сообществах и в) эфемеровилы – поселяющиеся в городах временно и не способные к натурализации.

Все эти классификационные системы не противоречивы, а просто делают акцент на разных феноменах формирования растительного покрова населенных пунктов. Виды разных групп по происхождению и по способам расселения отчетливо тяготеют к разным городским экотопам (Ильминских, 1988).

Если исходить из современного определения фитоценоза как сложной стохастической самоорганизующей системы, подсистемы которой (виды растений и популяции) связаны между собой нелинейными взаимодействиями, то собрания растений на урбанизированных территориях лишь частично удовлетворяют этому определению. Для фитоценологических систем городов, прежде всего, характерна частичная или полная утрата функции автономного саморегулирования (Моторина и др., 1978; Kostrowicki, 1979). Урбановилы регулируются главным образом абиогенными экологическими факторами. Происходит это в связи с тем, что

в них нарушены системы прямых и обратных связей между видами растений и их блоками, отсутствуют консументы и редуценты, необходимые для замыкания материальных потоков. Надземные и подземные ярусы почти отсутствуют. В лесах и парках городов увеличена горизонтальная мозаичность растительного покрова (Godron, Forman, 1983). В условиях городов экосистемы и входящие в их структуру сообщества растений становятся более однообразными, гомогенными, утрачивают способность к саморегуляции и частично к самоподдержанию.

Формирование растительности в городе базируется в основном на трех блоках: а) природные фитоценозы, которые по мере развития города трансформируются в полунатуральные; б) рудеральные сообщества, складывающиеся на полностью оголенных грунтах и почвах; в) искусственно создаваемые древесно-кустарниковые насаждения, газоны и клумбы. В этом ряду для жизни города важны все компоненты. В частности, рудеральные сообщества выполняют противозерозивную функцию, формируют первичную фитоценоотическую среду и являются хорошими индикаторами качеств экотопа. Одновременно они являются резерватами для сохранения многих видов насекомых и птиц (Ишбирдин и др., 1986; Костин, 1996).

Классификации урбанофитоценозов посвящено довольно много работа (Кавтарадзе, Игнатьева, 1986; Анищенко, Ишбирдина, 1989; Соломаха и др., 1992; Ишбирдина, Ишбирдин, 1995; Яблоков и др., 1996; Ишбирдин, 1999, 2001). Особенно значительный вклад в разработку этого направления внесла уфимская геоботаническая школа, возглавляемая Б.М. Миркиным. Установлено, что в связи с невыраженностью доминирования и неустойчивостью флористического состава городских фитоценозов доминантные системы классификации для них мало пригодны. Поэтому городские фитоценозы пытаются классифицировать на основе подходов Браун-Бланке.

По флористической классификации растительности городов в последние два десятилетия появилось много работ (Соломаха, 1989; Бурда, 1991; Горышина, 1991; Васильева и др., 2000). Так, в г. Нежине по методу Браун-Бланке выявлено 13 ассоциаций, 8 союзов, 7 порядков и 5 классов растительности (Папуча, 1989). В г. Камертау по методу Браун-Бланке описаны 14 ассоциаций (Сахапов, 1989). По сведениям Л.Г. Наумовой и А.Ф. Хусаинова (1997), в городах России представлены синтаксоны из 17-ти классов системы Браун-Бланке. Наиболее типичны для городов союзы *Polygonion avicularis*, *Aegopodion podagrariae*, *Sisymbrium officinalis*. Многие ассоциации характерны для городов: *Poa-Plantaginetum*, *Chenopodietum* и *Matricario-Polygonetum* (Сахапов и др., 1990). Растительность газонов по системе Браун-Бланке в основном относится к 5-ти классам: *Chenopodietea*, *Artemisietea*, *Plantaginetea*, *Agropyretea*, *Molinio-Arrhenatheretea* (Анищенко, 1990).

К сожалению, исследования в области синтаксономии городской растительности пока имеют случайный характер и не дают достаточно материала для обобщений. Оказалось, что синтаксономическая структура растительности городов Западной Европы и государств СНГ в значительной степени сходна. Для городов характерны сообщества, в которых верхние ярусы сформированы из нативных видов древесных пород, а нижние – из адвентивных видов трав. Такие сообщества предложено называть синтетическими (Bridgewater, 1988).

Таким образом, в городских условиях происходит повышение видового разнообразия растений, осуществляется специальный отбор видов с заменой стенотопных на эвритоппные. Растительные сообщества приобретают упрощенную структуру и даже в разных экотопах однотипны за счет процесса дивергенции, характерного для сукцессий, вызываемых стрессами. Устойчивость и способность к самовосстановлению в урбанофитоценозах очень низки.

Экосистемы в городах также отличаются общим упрощением структуры и функционирования, снижением продуктивности автотрофных компонентов, упрощением консортивных связей, ослаблением процессов минерализации органических веществ в почве. Так, на Урале на промышленных отвалах вокруг растений одного вида складываются консорции, состоящие из 10-20 видов насекомых с преобладанием фитофагов (Шилова и др., 1978). В естественных сообществах такие консорции гораздо богаче и включают большее разнообразие видов по типам питания.

В антропогенной почве создаются неблагоприятные условия обитания для представителей всех группировок живых организмов, чем можно объяснить сокращение обилия и разнообразия животного населения. В городах каждую осень собирают и сжигают листовую подстилку, лишая животных естественных укрытий и пищевых ресурсов. Удаление подстилки связано с высоким уровнем ее загрязнения тяжелыми металлами, аккумулирующимися в опаде, которые могут переходить в почву. Сжигая подстилку, почву частично предохраняют от поступления токсикантов, но обнажение поверхности почвы лишает ее защитного слоя опада, сглаживающего колебания температуры и влажности. Кроме того, сильное вытаптывание почвы ведет к ее уплотнению и снижению обеспеченности кислородом, что неблагоприятно для обитателей почвенных горизонтов (Яковлев, 1997).

Самой характерной и наиболее неблагоприятной для растительности чертой городских почв является их повышенная плотность, которая с одной стороны связана с рекреационными нагрузками (Кочарян, 1979; Паю и др., 1980; Хараишвили, 1980; Амиров и др., 1982), а с другой стороны - с ослабленной их способностью к минерализации органических веществ (рис. 2). В монографии А.К. Фролова (1998) рассматривается комплекс причин,

приводящих к обеднению почвы органикой:

1) отсутствие лесной подстилки и напочвенного покрова (Машинский, 1973) в основном в результате вытаптывания. Так, по данным А.И. Тарасова (1979), хождение по напочвенному покрову вызывает 95% всех отрицательных экологических последствий;

2) ежегодная уборка лиственного опада с территорий садов и парков;

3) нарушение водного режима, характерное для городских почв - иссушение и подтопление, приводящее к угнетению процесса нитрификации (Кочарян, 1979);

4) накопление ингредиентов промышленных выбросов в почвах, вызывающее подавление роста и деятельности почвенных микроорганизмов (Шестакова, Казанцева, 1970; Бабьева и др., 1980).



Рис. 2. Растительный опад в парках не убирают в последние годы, он участвует в формировании лесной подстилки (Хабаровск, парк «Динамо»).

От уплотнения почвы также зависит распределение микроорганизмов в почвенном профиле и их видовой набор. При естественном уплотнении максимальная обсемененность микроорганизмами отмечается в верхних частях почвенного профиля, а при антропогенном – в нижележащем слое.

Под влиянием уплотнения возрастает количество спорообразующих бактерий (Ros et al., 2004), при загрязнении и уплотнении почвы

увеличивается процент аспорогенных форм актиномицетов. С повышением уплотнения почв соотношение спорообразующих бактерий под насаждениями снижается в несколько раз (Мосина, 1993; Busse et al., 2006).

По мере расширения границ города почвы, сложившиеся тысячелетиями, полностью видоизменились. При подготовке территории для застройки нередко производится выравнивание, при котором на одних участках земельный покров снимается, на других же понижения заполняются излишками грунта, а естественная почва оказывается погребенной. В городе довольно широко распространены смешанные и насыпные почвы. Наиболее часто можно увидеть земли с бытовым и строительным мусором, механический состав которых весьма неоднороден. Такие субстраты обычно имеют повышенную щелочность. В условиях города формируются природно-антропогенные и антропогенно-окультуренные почвы с весьма пестрыми лесорастительными условиями. К неблагоприятным почвенным условиям добавляются все недостатки открытых пространств - сильное нагревание и иссушение, ветер, а зимой и промерзание. Значительную роль в загрязнении почвы играют также эмиссии соединений цинка, азота, хлора, углеводов и меди. Сера, как и ее соединения, так и хлористый водород, вызывают закисление почвы, а аммиак, сода и соединения магния обуславливают щелочную реакцию. Избыточное накопление в грунте различных элементов в токсических концентрациях непосредственно и косвенно отрицательно влияет на растения, снижает продуктивность лесных насаждений. В ФРГ годовой материальный ущерб из-за снижения прироста леса оценивается в 20 млн. марок (Бауер, Ваничке, 1971).

#### **1.4. Физические и физико-химические свойства почв**

Почвы крупных городов отличаются от естественных почв по строению морфологического профиля и физико-механическим свойствам. Если в процессе образования естественных отложений происходит сортировка частиц по форме и крупности, то городской почвенный покров часто образуется путем произвольного смешивания различных материалов. Гранулометрический состав городских почв определяется, прежде всего, приуроченностью к тем или иным элементам ландшафта и степенью нарушенности почвенного профиля. Низкие значения плотности сложения, как правило, отмечены на газонах с хорошо выраженным дерновым горизонтом, тогда как на сильно утопанных и выбитых участках эти величины приближаются к  $1,47 \text{ г/см}^3$ . Наибольшая величина плотности сложения наблюдалась на детских площадках во дворах жилых домов –  $1,85 \text{ г/см}^3$ . В почвах лесопарков в слое 0-5 см наблюдается самый рыхлый горизонт ( $0,9 - 1,1 \text{ г/см}^3$ ), но с глубиной характерно постепенное увеличение плотности сложения до  $1,5 - 1,7 \text{ г/см}^3$  в иллювиальных горизонтах. В

нарушенных почвах из-за присутствия разных количеств строительных и бытовых отходов плотность сложения с глубиной изменяется скачкообразно (Строганова и др., 1997).

Величина кислотности корнеобитаемого слоя городских почв колеблется в широких пределах, но преобладают почвы с нейтральной и слабощелочной средой (Гантимуров, 1966; Никодемус, Раманн, 1984; Лепнева, Обухов, 1987). В большинстве случаев реакция среды антропогенных почв выше, чем у природных (Обухов, Лепнева, 1989; Blume, 1989; Hollis, 1991). Высокую щелочность почв большинство авторов связывают с попаданием в почву через поверхностный сток и дренажные воды хлоридов кальция и натрия, а также других солей, которыми посыпают тротуары и дороги зимой. Другой причиной является высвобождение кальция под действием кислотных осадков из различных обломков, строительного мусора, цемента, кирпича и пр., имеющих щелочную реакцию (Гантимуров, 1966; Ахтырцев и др., 1980; Бериня и др., 1985; Обухов, Лепнева, 1989). Практически повсеместно наблюдается постепенное уменьшение величины рН с глубиной.

Урбаноземы и сильнонарушенные естественные почвы более щелочные, чем почвы лесопарков, имеющие кислую или слабокислую реакцию среды. В парках и лесопарках верхние горизонты почв характеризуются широким диапазоном значений рН: от слабокислой до близко к нейтральной реакции (рН водн. 5,8 – 7,5). В нижней части профиля в большинстве случаев эта величина уменьшается до 4,8 – 6,5. В поверхностных слоях почв газонов, скверов, бульваров, полисадов и селитебных участков рН водн. лежит в пределах 7,3 – 8,3. Высокую щелочность городских почв (Обухов, Лепнева, 1989) связывают с поступлением большого количества пыли, содержащей карбонаты кальция (Ca) и магния (Mg), с автомагистралей и с использованием извести в строительном растворе, который хорошо выветривается, высвобождая кальций (Ca) в почву. Под действием осадков, обогащенных растворенной углекислотой, в почвах образуются бикарбонаты, которые (как гидролитически щелочные соли) способны изменять реакцию среды в щелочную сторону (Строганова, Агаркова, 1992; Никифорова, Лазукова, 1995; Diatta, Grzebisz et al., 2004).

Многими авторами отмечается, что очень важным критерием химического преобразования почв города является степень насыщенности основаниями. Во многих случаях она превышает 80%, доходя до 100% (Баширова, 1975; Blume, Runge, 1978). Для почв большинства парков и городских лесов она обычно составляет 60% и меньше (Konecka-Betley et al., 1985). В составе обменных катионов преобладает кальций (Ca до 70%) и магний (Mg до 30%) (Bridges, 1989; Лепнева, Обухов, 1987).

Элементы питания растений (N, P, K) в городских почвах

распределяются неравномерно. Большинство исследователей отмечают высокую обогащенность насыпных слоев и слабо нарушенных почв общим азотом, фосфором и калием, по сравнению с природными почвами пригородов (Земляницкий и др., 1962; Баширова, 1966; Никодемус, Раманн, 1984; Лепнева, Обухов, 1987). Полученные результаты определения некоторых показателей агрохимического состояния почв свидетельствуют о богатстве их элементами питания растений. Подвижные формы Р и К в большинстве образцов городских почв представлены в количествах, превышающих потребности растений в этих элементах. Обеспеченность этих почв оценивается как повышенная, высокая и очень высокая. Содержание подвижного фосфора изменяется в пределах 5-150 мг/100 г почвы, подвижного калия – 2-100 мг/100 г почвы. Для насыпных почв г. Москвы Л.Т. Земляницкий с соавторами (1962) отмечали высокую обеспеченность подвижным фосфором (до 100-200 мг/100 г почвы и больше); обеспеченность подвижным калием иногда достигает 40 мг/ 100 г почвы. Обогащенность элементами минерального питания связывается с наличием в городских почвах мусора и строительных обломков.

Как отмечают А.И. Обухов и О.М. Лепнева (1989) - химическое состояние почв – это интегральный показатель для оценки эффективности проводимых в городе природоохранных мероприятий. Оно имеет большое значение для роста и развития древесных и травянистых растений. Благоприятными свойствами являются достаточное содержание основных элементов питания в доступных формах, нейтральная реакция среды и отсутствие в почве токсичных веществ. Большинство выбросов токсических веществ сосредоточивается на поверхности почвы, где происходит их постепенное депонирование, которое ведет к изменению химических и физико-химических свойств субстрата.

Городские почвы по сравнению с естественными имеют другое соотношение обменных катионов в почвенном поглощающем комплексе. Если для дерново-подзолистых почв характерно присутствие в основном ионов водорода и алюминия, в малых количествах катионов кальция и магния (в сумме 10-15 мэкв на 100 г почвы), то в урбаноземах до 70% принадлежит кальцию и емкость поглощения составляет более 30 мэкв на 100 г почвы (Почва,...1997).

Почвы всех исследуемых типов местообитаний содержат большие количества обменного кальция: от 5 до 50 мэкв/100 г почвы. Наиболее богаты обменным Са поверхностные горизонты почв скверов, бульваров, газонов, палисадников и селитебных участков – 20-50 мэкв/100 г и более. В парках и лесопарках его количество составляет 15-20 мэкв в верхних горизонтах (подобно содержанию его в дерново-подзолистых почвах) и 5-10 мг-экв в нижних, обнаруживая постепенное снижение с глубиной. В урбаноземах содержание кальция (Са) находится в прямой зависимости от

количества Са–содержащих включений (Строганова, Агаркова, 1992).

Содержание обменного Mg намного меньше – 0,5-5,0 мэкв/100 г почвы, но закономерности его распространения по типам урбофитоценоза те же, что и для Са: наименьшие количества в лесопарках и парках и максимальное – в урбаноземах. Такие количества обменных Са и Mg обуславливают высокую степень насыщенности основаниями городских почв. Дерново-подзолистые ненарушенные почвы в условиях городского лесопарка насыщены основаниями по всему профилю на 60-80%. Дерново-подзолистые слабо- и сильно нарушенные почвы, а также урбаноземы и культуроземы от 75 до 100%. В почвах газонов вдоль магистралей иногда обнаруживается до 2-3% обменного натрия от суммы обменных катионов (Строганова, Агаркова, 1992).

### **1.5. Органическое вещество почв**

Содержание органического вещества в почвах города зависит от богатства перегноем того субстрата, из которых они образовались, а также от способа ухода.  $C_{орг}$  обнаруживается в больших количествах в верхних слоях почв, с глубиной оно падает как равномерно, так и скачкообразно. Интервал колебаний велик: 1-8% и более. Наибольшие его количества приходятся на нарушенные и вновь образованные слои почв газонов, скверов, бульваров (5-11%) и селитебных участков (3-7%); в парках и лесопарках естественные гумусово-аккумулятивные горизонты содержат его в количестве - 1-2%, а искусственно созданные - 2-5%. Для последних типов местообитания характерно обычно резкое падение содержания гумуса вниз по профилю до десятых и сотых долей %. Как правило, количество  $C_{орг}$  в городских почвах выше, чем в фоновых почвах. В сравнении с природными почвами все городские почвы здесь характеризуются низким содержанием фульвокислотной фракции, липидная гидрофобная фракция гумусового вещества городских почв очень мала. Очевидно, микроорганизмы способны разрушать эти органические вещества (входящие в состав вышеупомянутых фракций), которыми так богаты природные почвы. Возможно, это зависит от высокого уровня pH в городских почвах. В молодых почвах города в составе органического вещества доминируют компостные компоненты и низко гумифицированная фульвокислотная фракция (Строганова и др., 1997).

Однако только гумусовые кислоты и компоненты гумуса способны в большой степени связывать токсичные вещества. Растворимость тяжелых металлов в почвах с молодым органическим веществом может быть управляема благодаря регуляции уровня величин pH известкованием. Но повышение фиксируемости органических загрязнителей должен стимулировать именно старый, более гумифицированный материал. Подстилочный материал не должен убираться с поверхности почвы или в почву необходимо вносить компост. Кроме этого, высокое количество

гумусовых кислот могло бы улучшить формирование и стабилизировать структуру почвы. Это уменьшило бы эффект вытаптывания и улучшило аэрацию для большего комфорта корней растений и почвенных микроорганизмов (Beyer et al., 1995).

Основные показатели гумусного состояния почв относятся к числу консервативных свойств почвы, количественные характеристики которых формируются в течение длительного времени и столь же долго сохраняются. Л.А. Гришина и Д.С. Орлов (1978) подчеркивают, что воздействие человека на почвы становится настолько интенсивным и длительным, что происходят изменения наиболее устойчивых их свойств. В урбаноземах и культуроземах отмечается более растянутый гумусово-аккумулятивный профиль, содержание гумуса может оставаться значительным и на глубине 50-70 см и более. (Строганова и др., 1997).

Органическое вещество имеет важное значение в охране почв от загрязнения промышленными токсикантами. В то же время его возможности не беспредельны, под влиянием загрязнения оно само претерпевает изменения. В связи с этим актуальным является изучение гумусного состояния почв для оценки его устойчивости и выяснения индикаторных признаков изменения в условиях различного уровня и качества аэрозагрязнения. Изменение интенсивности трансформации органического вещества в почвах при их загрязнении зависит от состава токсикантов. При загрязнении почв органическими соединениями в верхних горизонтах возрастает скорость распада органического вещества и накопление аминокислот, увеличиваются количество микроорганизмов, учитываемых на фенольной среде, и полифенолоксидазная активность почв, что связано с активным развитием групп микроорганизмов, использующих в качестве субстрата органические загрязнители (Гришина и др., 1990).

### **1.6. Лесные зоны города как основа ландшафта**

Естественные лесные массивы, или городские леса, сохранившиеся на территории города, испытывают высокие техногенные и рекреационные нагрузки, что приводит в условиях урбанизированной среды к снижению их долговечности, устойчивости, эстетических и средоулучшающих свойств. Город продолжает терять ценнейшие природные лесные ресурсы, а вместе с ними - экологически полноценную среду обитания человека. В связи с этим отмечается большой положительный и уникальный опыт сохранения лесной зоны на территории Новосибирского научного центра СО РАН, которое было проведено на высоком профессиональном уровне, во многом сохранена естественная природная среда, а объекты застройки гармонично вписаны в природное окружение.

В Академгородке в процессе его строительства была сохранена значительная часть естественных лесных массивов, размещенных в границах

застройки. Естественные насаждения стали основой при формировании системы озеленения ННЦ, которая создавалась по принципу максимально приближенной по форме и содержанию к природному окружению (Пивкин, Чиндяева, 2002).

С целью регулирования мезомикроклимата города рекомендуется создавать крупные зеленые массивы, равномерно распределенные по территории, и устраивать зеленые "диаметры" или "стержни", проходящие через весь город. Интересен в этом отношении зарубежный опыт. Так, в Канаде при каждом проекте следует предусматривать открытые пространства общественного пользования, составляющие не менее 10% территории района; вблизи каждого дома должны быть детские игровые площадки размером не менее 0,1 га, а в квартале, прилегающем к школе, - открытые пространства 0,8 га с радиусом пешеходной доступности не более 800 м; в микрорайоне открытые пространства определяются из расчета 0,5 га на 1 тыс. жителей, площадь садов и парков - не менее 8 га, радиус пешеходной доступности - 0,8-1,6 км. В европейских городах площадь парков предусматривается от 0,5 до 0,88 га и более, а площадь цветочного партера - не более 100 м<sup>2</sup>, причем считалось (в ГДР) нижним пределом площади зеленых насаждений территория не менее 5 га; площади меньших размеров практически не имеют экологического значения. При расстоянии от жилых кварталов до парков более 300-400 м (Дания) посещаемость парков резко падает (Машинский, 1973; Пивкин, Чиндяева, 2002).

Загрязненные воздушные массы, проходя над лесопарками и крупными парками (площадью 600-1000 га), существенно очищаются: фактор мутности снижается на 10-30%, аэрозольное помутнение, характеризующее долю взвешенных примесей, снижается на 10-40%, что обуславливает повышение интенсивности видимой и ультрафиолетовой радиации на 15-25%. Все типы зеленых насаждений оказывают благоприятное воздействие на состояние атмосферного воздуха, снижая загрязненность на 10-35%, запыленность на 20-65%. Очищающая способность древесных насаждений увеличивается в ясную сухую погоду и снижается при неблагоприятных погодных условиях. Большие плотные массивы не продуваемой конструкции способны накапливать вредные газы при сохранении достаточно высокой пылезадерживающей функции. Также отмечено, что древесная растительность может выполнять свои санитарно-гигиенические функции только тогда, когда концентрация аэрозолей не достигает пределов, губительно действующих на их живые клетки (Пивкин, Чиндяева, 2002).

Зоны "поражения" вредными газами на открытой территории достигают расстояния 200-500 м от автомобильной трассы; в зеленых массивах уменьшение концентраций вредных примесей до предельно допустимых достигается на расстоянии 50-60 м. Зона распространения вредных автомобильных выбросов внутрь зеленых массивов зависит от

ширины и плотности насаждений, наличия кустарника, видового состава насаждений и т.п. (Пивкин, Чиндяева, 2002; Артамонова, 2002).

Максимальный эффект дает определенная взаимоувязанная система зеленых насаждений, равномерно размещаемых на территории, в которой каждый ее составляющий элемент выполняет определенную функцию. Оптимальным является такое количество зеленых насаждений и акваторий в городе, когда площадь составляет не менее 50-60%, причем на объектах озеленения более половины территории должно быть занято древесными насаждениями. Основные ландшафтные комплексы структурного значения должны быть связаны с парками и садами планировочных и жилых районов, микрорайонов с развитой сетью скверов, бульваров, аллей и магистралей защитных полос зелеными насаждениями ограниченного пользования и специального назначения. По ветро- и снегозащитным соображениям зеленая "сетка" города должна делить всю ее территорию на относительно равные квадраты со стороной порядка 200-300 м (длина разгона метели) и создавать "не раздуваемые емкости". Система озеленения города логически завершится ее увязкой с лесопарковой зоной. Лесопарковый пояс должен создаваться в местах, имеющих рекреационное значение, а его ширина должна быть максимальной (Машинский, 1973; Пивкин, Чиндяева, 2002).

### **1.7. Почвенные микроорганизмы**

Почвенный покров является наиболее консервативным компонентом экосистем, определяет их состояние и устойчивость, играет важнейшую роль в формировании, поддержании и сохранении биологического разнообразия. Климатические условия, разнообразие растительного покрова, неоднородность подстилающих пород определяют формирование различных почв с характерными микробными ассоциациями. Почвенные микроорганизмы являются основными деструкторами органических веществ. При благоприятных условиях процессы минерализации проходят достаточно интенсивно. Богатство почвообразующих пород элементами минерального питания и обилие поступающих в почву органических остатков обуславливает интенсивное развитие микроорганизмов в почве. "Почвы содержат огромное количество и разнообразие микроорганизмов. Существование почвы без микробов невозможно. Микробы обуславливают протекание в почве ряда наиболее важных процессов. Они являются необходимым звеном в круговороте всех биогенных элементов, участвуют в почвообразовании и поддержании почвенного плодородия" (Звягинцев, 1987).

Растительность быстро реагирует на изменения в почвах, но как отмечал выдающийся микробиолог В.Л. Омелянский (1924) микроорганизмы наиболее чуткие реагенты на изменение окружающих условий. Е.Н. Мишустин (1984) указывает, что изменение почвенных условий существенно

сказывается на родовом и видовом составе микроорганизмов (Griffiths et al., 2004). Отдельные группы микроорганизмов способны адаптироваться в определенных условиях среды обитания и противостоять токсичному воздействию загрязнителей. При загрязнении почв фенольными соединениями происходит активное развитие бактерий, использующих фенол в качестве субстрата жизнедеятельности (Долгова, 1973).

Для городских территорий установлено, что почва как среда обитания микроорганизмов столь же неоднородна, как и почвенный покров городов. Под влиянием процессов урбогенеза происходит перестройка в комплексе микроорганизмов в направлении доминирования в них отдельных микробных популяций, более приспособленных к условиям техногенеза.

### **1.7.1. Бактерии**

Микробные сообщества в городской среде способны сохранять некоторые экологические ниши, близкие по своим свойствам природным. В то же время микроорганизмы осваивают новые микрзоны антропогенного характера, несвойственные данным природным условиям. Недостаточно исследованными являются микробиологические свойства городских почв. Важность изучения биологических свойств почв заключается в том, что городская почва служит местом концентрации урбаногенных веществ. (Скворцова и др., 1989; Дубинин, Дубинина, 1996) Особенностью микробных сообществ урбаноземов является наличие черт, не свойственных данной природной зоне, что может служить целям индикации городской среды. Общей закономерностью процесса урбанизации является поступление в почвы нефтепродуктов. Признаком такого влияния служит доминирование в бактериальном комплексе родококков (Нестеренко и др., 1988). К общим закономерностям антропогенного влияния относится также подщелачивание почв в результате оседания известковой пыли и, соответственно, увеличение или доминирование численности щелочелюбивых и щелочеустойчивых бактерий (Куличева и др., 1996; Li Ning et al., 2006).

Загрязнение почв ведет к ухудшению их свойств, вызывает снижение биологической активности, однако, отдельные группы микроорганизмов способны противостоять токсичному воздействию и благодаря своим адаптационным возможностям способствовать очищению почв от продуктов техногенного загрязнения (Гришина и др., 1990; Satchanska et al., 2005).

В результате промышленного загрязнения запас органических остатков подвергающихся трансформации в почве может, как увеличиваться – при подавлении микробиологической активности (Killham, Wainwright, 1981), так и уменьшаться – за счет резкого падения продуктивности фитоценозов (Kowalkowski et al., 1977).

Достаточно хорошо изучено влияние токсичных газовых выхлопов промышленных предприятий на активность микробиологических процессов.

Установлено, что двуокись азота подавляет рост аэробных и анаэробных не симбиотических азотфиксирующих бактерий в почве (Smith, Mayfield, 1978).

Очень высокие концентрации тяжелых металлов, мышьяка и сурьмы (в одних случаях превышающие  $1 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ , в других - 10 или  $100 \text{ мг} \cdot \text{л}^{-1}$ ) часто вредны для микробов (Работнова, Позмогова, 1979; Smejkalova et al., 2003). В меньших концентрациях эти элементы, если они не токсичны, могут быть химически модифицированы некоторыми микроорганизмами и, таким образом, удалены из среды. Определенные группы микроорганизмов способны использовать некоторые соединения тяжелых металлов, мышьяка и сурьмы в нетоксичных концентрациях в качестве источников энергии или конечных акцепторов электронов. Низкие концентрации некоторых тяжелых металлов могут стимулировать рост микробов. Действительно, в ряде случаев тяжелые металлы необходимы для питания микроорганизмов (Загуральская, 1992, 1998; Andreesen, Ljungdahl, 1973; Andreesen et al., 1974).

Мнение И.Н. Скворцовой с соавторами (1989) таково, что микробные сообщества почв города сохраняют некоторые природные экологические ниши и в то же время начинают осваивать возникшие новые микроразнообразия антропогенного характера, не свойственные данной почвенно-растительной зоне. Это дает основание изучать микробные сообщества городских почв как особые, специфические – урботехногенные. Выделение микроорганизмов, качественно и количественно не свойственных исходной природной зоне, и их потенциально патогенных свойств составляют основу микробиологического мониторинга городской среды. Город представляет собой гигантскую экосистему из разнородных компонентов, каждый из которых должен подвергаться самостоятельному мониторингу. Однако отдельные ее компоненты исследованы в неодинаковой степени, в наибольшей степени изучены воздушная и водная среды, растительность, почвенный покров. Недостаточно исследованными остаются микробиологические свойства городских почв – урбаноземов. В то же время важность изучения биологических свойств почв в городской среде определяется тем, что почва служит основным местом стока урбаногенных веществ, в частности и мутагенных (Скворцова и др., 1989; Дубинин, Дубинина, 1996). Преобразование и обезвреживание этих веществ зависит от состояния микробных сообществ почв. Особенности микробных сообществ городских почв, возникшие под влиянием урбогенеза, могут служить целям индикации городской среды. Главной особенностью микробных сообществ урбаноземов является приобретение ими черт, не свойственных почвам окрестностей города (Свистова и др., 2003).

К числу общих закономерностей урбаногенеза, которые могут быть положены в основу мониторинга, относится изменение среды под влиянием автотранспорта. Признаком поступления в почвы нефтепродуктов служит доминирование в бактериальном комплексе определенной группы бактерий –

родственных актиномицетам, называемых родококками. Связь родококков с углеводородами как субстратами для развития отмечали О.А. Нестеренко с соавторами (Нестеренко и др., 1988). Повышенное содержание родококков является не только признаком обогащенности почвы углеводородами, но и показателем происходящего под их влиянием процесса очищения почвы от нефтепродуктов (Ившина и др., 1995).

Следствием подщелачивания почв служит увеличение численности щелочелюбивых микроорганизмов, например, таких как азотобактер, актиномицеты, некоторые бациллы и др. Накопление щелочелюбивых или щелочеустойчивых бактерий характерно как для крупных городов России - г. Москва, так и для малых - г. Пущино-на-Оке (Куличева и др., 1996).

И.Н. Скворцова (1997) указывает, что в качестве индикатора на урбаногенез может быть выбрана определенная видовая популяция бацилл, например, подверженная доминированию в урбаноземах за счет соответствия ее потребностей некоторым урбаногенным свойствам почв или благодаря уменьшению конкуренции со стороны более чувствительных к урбаногенезу микроорганизмов. К числу таких доминантов в урбаноземах г. Москвы относится спорообразующая бактерия *Bacillus megaterium*. Увеличение численности бацилл соответствует возрастанию в почве содержанию тяжелых металлов, в частности, свинца, кадмия и меди, что свидетельствует о высоких адаптационных возможностях этих бактерий и способности существовать в условиях урботехногенеза, в частности, за счет изменения своей внутривидовой структуры.

С подщелачиванием почв и насыпных грунтов может быть связано возрастание обилия популяций артробактера в урбаноземах (Куличева и др., 1996), что легло в основу способа дифференцирования городских нарушенных и ненарушенных местообитаний по таксономической структуре бактериального комплекса на уровне родов бактерий. Несбалансированное развитие микробных популяций в сообществе почвенных микроорганизмов (доминирование) и возрастание биологической активности - показателя одного из первых этапов нарушений экологических свойств почв. На начальных стадиях нарушений экосистемы микробное сообщество часто сохраняет способность сопротивляться отрицательному экологическому влиянию, что выражается в увеличении биохимической активности, дыхания и других показателей. Такая реакция почвенного микронаселения выражается в усилении микробной активности в минерализации целлюлозосодержащих материалов и в накоплении свободных аминокислот и других нингидринположительных веществ в загрязненных почвах (Загуральская, 1992).

Однако, как показывают исследования, при дальнейшем усилении антропогенного пресса на микробное сообщество может наступать следующий этап реакции на урбанизацию, что выражается в падении уровня

биологической активности почвы ниже контрольного. Существенным показателем неблагоприятного экологического состояния городской среды и соответственно здоровья человека является наличие патогенных микроорганизмов в пылевых частицах, поднимающихся в воздух с поверхности почвы (Скворцова, 1997).

В почве, загрязненной химическими веществами, на фоне уменьшения содержания сапротрофных представителей почвенных микроорганизмов, часто выступающих антагонистами патогенных кишечных микроорганизмов, и снижения ее биологической активности, отмечается увеличение случаев локализации патогенных энтеробактерий, которые нередко более устойчивы к химическому загрязнению почвы, чем представители естественных почвенных микробоценозов. Имеющиеся в научной литературе данные позволяют заключить, что даже при очень сильном бактериальном загрязнении процесс самоочищения почв может происходить в течение нескольких месяцев (Скворцова, 1997; Su et al., 2006; Zang et al., 2006).

В условиях сложной экологической обстановки в городе, в том числе в связи с нарушением свойств почв, сапротрофные микробные сообщества продолжают функционировать за счет своей высокой биологической и экологической пластичности (Tobor-Kaplon et al., 2006). Почвенные микроорганизмы успешно осваивают новые экологические ниши в городе. Однако устойчивость урбаногенных микробных сообществ будет зависеть от сохранения природных микробных экониш и естественного типа взаимодействий между микроорганизмами в горизонтах городских почв или в торфо-компостном материале, вносимом на газоны и скверы. Это способствовало бы сохранению или восстановлению природной структурированности микробных сообществ. Очевидно, сохранение природных экониш микроорганизмов в условиях города благоприятствует их выживанию, функционированию и делает их малочувствительными к техногенному загрязнению городских территорий. Активизация сапротрофных микроорганизмов в различных экологических нишах способствует угнетению или гибели патогенных микроорганизмов, накапливающихся в городских почвах и почвах-грунтах (Скворцова, 1997).

В почвах городских территорий обнаружены те же типы ответных реакций микроорганизмов, которые характерны и для почв, испытывающих другого рода антропогенные воздействия:

- доминирование (преимущественное развитие) отдельных видовых популяций, например среди бактерий – *Bacillus megaterium*, среди микроскопических грибов – р. *Aspergillus* и др.
- появление индикаторных на урбаногенез родов и видов микроорганизмов, таких как *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus megaterium*, представителей р. *Aspergillus*, энтеробактерий.

- резкое снижение, либо резкое возрастание в ряде случаев численности определенной группы микроорганизмов, например актиномицетов.

- увеличение некоторых показателей биологической активности загрязненных почв по сравнению с контролем, таких как целлюлозолитическая активность, образование нингидринположительных веществ, а также возможное увеличение разнообразия метаболитов актиномицетов, в том числе и антибиотической природы, за счет возрастания таксономического разнообразия этих микроорганизмов в некоторых загрязненных почвах.

Наряду с общими имеются и специфические особенности реакции городских экосистем на процесс урбаногенеза, а именно, возникновение микробных комплексов, не свойственных исходной почвенно-растительной зоне (Скворцова, 1997; Lipson et al., 2006).

А.К. Фролов (1998) указывает, что наличие повышенных концентраций соединений металлов (Cu, Pb, Zn и др.) в почве угнетает почвенную микрофлору и фауну, нарушает процессы аммонификации и нитрификации и, тем самым, обедняет почву элементами питания растений, делает ее фитотоксичной (также Напрасникова, 2001), что вызывает угнетение и повреждение растений, замедление их роста и гибель, обеднение флористического состава и упрощение структуры фитоценозов, снижение продуктивности, нарушение экологического равновесия в природных сообществах вследствие аккумулятивного эффекта. Особенностью техногенного загрязнения является приуроченность накопления тяжелых металлов к верхнему слою почвы, т.е. техногенная аккумуляция накладывается на биогенную. Это выражено достаточно ярко, поскольку перемещение вниз по профилю у тяжелых металлов слабое. Большую роль в депонировании ТМ и их подвижных соединений выполняют тонкодисперсные минеральные частицы и гумусовое вещество. В отличие от биогенного накопления, это депонирование приводит к дестабилизации достигнутых благоприятных соотношений химических элементов в почве.

### **1.7.2. Микромицеты**

Загрязнение тяжелыми металлами также влияет на численность, содержание мицелия и распределение почвенных микромицетов. Высокий уровень загрязнения упрощает видовую структуру комплексов за счет уменьшения числа видов, формирует новые нетипичные для зональных почв комплексы грибов, в которых обычно доминируют виды с выраженными фитотоксичными свойствами (Марфенина и др. 1996; Марфенина, Кожевин, 1998).

Т.В. Аристовская (1980) указывает, что почва является компонентом

биогеоценоза и почвенные грибы также можно рассматривать как его неотъемлемый компонент, где они составляют определенное звено трофической цепи, входят в его гетеротрофный блок и осуществляют в нем элементарные почвенно-биологические процессы, а именно разложение растительного опада.

Надежным показателем конкретных экологических условий может служить специфический набор видов микромицетов, выделяемый на основании анализа структуры комплекса, для характеристики которой необходимо применение строгих количественных критериев, характеризующих соотношение видов в комплексе. Одним из таких критериев может служить частота встречаемости вида, используемая в общей экологии. Под частотой встречаемости вида микромицетов понимают отношение числа образцов, в которых вид обнаружен, к общему числу исследованных образцов (Tresner et al., 1954). С помощью такого показателя, который можно обозначить как пространственную частоту встречаемости, можно расчленить комплекс микромицетов на типичные и случайные виды. Вид можно считать типичным, если частота его встречаемости выше 30% (из всех выделенных), и случайным, если она ниже 10%. Формирование комплекса типичных видов микромицетов подчиняются определенным закономерностям, согласующимся с общими закономерностями происхождения и свойств почв биогеоценозов. Это говорит о возможности использования комплекса микромицетов для характеристики почв и биогеоценозов.

Снижение видового разнообразия микроскопических грибов выявляется как следствие стрессовых антропогенных воздействий на почвы (Марфенина, 1999). В городских же почвах общее разнообразие микроскопических грибов может быть даже выше, чем в фоновых аналогах. В основном возрастание разнообразия микроскопических грибов на урбанизированных территориях происходит за счет увеличения присутствия малочисленных, редких, случайных, часто заносимых видов и большей мозаичности их распределения (Марфенина и др., 2005).

Почвенные грибы в биогеоценозе можно рассматривать как единую экологическую группу редуцентов органического вещества, но различающуюся по способности разлагать и усваивать разные субстраты. Часто они находятся в почве в ассоциациях с другими микроорганизмами (Мирчинк, 1984; Donelly et al., 2005).

Наряду с бактериями, видовой состав грибов на урбанизированных территориях малого города также отличается от природных участков (Марфенина, 1991; Марфенина и др., 1996). Из всех исследованных субстратов (почвы, приземный слой воздуха, растения) периодически выделялись нетипичные для почв дерново-подзолистой зоны представители родов *Aspergillus* и *Fusarium*. На урбанизированных территориях мало грибов

рода *Gliocladium* и меньше встречается типичных доминантов для дерново-подзолистой зоны – пенициллов. Те же закономерности отмечаются и для урбаноземов г. Москвы. В антропогенных почвах в разных климатических зонах наблюдается увеличение содержания темноокрашенных грибов, которые отличаются своей резистентностью к разнообразным антропогенным воздействиям на почвы: уплотнению, ряду загрязнителей, высушиванию, пирогенному воздействию (Марфенина, 1999; Kasprzak, Malina, 2005).

Таким образом, в городской среде формируются специфические, отличные от природных, как бактериальные (Лысак и др., 2000), так и грибные комплексы, в составе которых существенную долю занимают виды, характерные для местообитаний более южных регионов (Скворцова, 1997).

### **1.8. Мониторинг**

По мнению ряда исследователей санитарно-гигиенический мониторинг имеет непосредственное отношение к микробиологическим свойствам почвы, поскольку с почвенной пылью воздушным путем переносятся споры грибов, актиномицетов, бактерий, а также другие устойчивые к инсоляции жизненные формы микроорганизмов. Поэтому, в объекты исследования включают пригородные зоны, как источник микроорганизмов, поступающих с воздушными массами, оседающих в городах, где происходит отбор и накопление токсигенных форм этих микроорганизмов (Федоров, Чалая, 1979; Осипов, 1987; Костюкевич, Скворцов, 1991; Кондратьев и др., 1994; Куличева и др., 1996).

При санитарно-гигиеническом мониторинге изучение антропогенных почв представляется особенно важным, поскольку на распространение и выживаемость в городской среде санитарно-опасных и потенциально-опасных сапротрофных микроорганизмов оказывают влияние тип почвы, величина pH, механический состав и другие факторы (Куличева и др., 1996). Химическое и биологическое загрязнение приводит к снижению биологической активности и процессов самоочищения почв, что с гигиенических позиций является неблагоприятным фактором. Загрязненная (особенно органическим субстратом) почва, характерная для городских территорий, представляет благоприятную среду для сохранения жизнеспособных патогенных микроорганизмов. При загрязнении почвы создается возможность одновременного комплексного и комбинированного воздействия на организм человека, что повышает риск возникновения хронических инфекций и эпидемиологических заболеваний (Скворцова, 1997; Напрасникова, Макарова, 1999).

Основной задачей экологического мониторинга является непрерывное слежение за состоянием экосистем (природных, антропогенных) и других составляющих биосферы (таких как внешняя атмосфера, подземные воды и

др.), определение направлений и темпов естественных изменений (сукцессионных, эволюционных и т.п.) и выявление ответных реакций на многообразные формы внешних возмущений, порождаемых деятельностью человека. Поэтому научной основой экологического мониторинга выступает современная экология (биогеоценология) как наука, изучающая внешние взаимосвязи экосистем, их внутреннюю структуру, функционирование и эволюцию (Теоретические основы ..., 1983; Никитина, 1997).

В программу биосферного мониторинга предлагается включить три основных компонента, характеризующих деятельность микроорганизмов (Теоретические основы ..., 1983).

1. Учет индикаторных микроорганизмов, значимых с санитарной точки зрения, характеризующих процессы загрязнения и самоочищения.
2. Определение скорости разложения органического вещества по убыли в весе растительных остатков, выделению  $\text{CO}_2$  и поглощению кислорода.
3. Определение потоков газообразных микрокомпонентов атмосферы, образуемых почвенными микроорганизмами.

## **2. ПОЧВЫ И ТЕХНОГЕННЫЕ ПОВЕРХНОСТНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ КАК ВАЖНЕЙШИЙ КОМПОНЕНТ ГОРОДСКИХ ЛАНДШАФТОВ**

### **2.1. Ландшафты городских территорий**

#### **2.1.1. Ландшафты городов**

Ландшафт – это часть земной территории с относительно однообразными и однотипными природными условиями: геологическим строением, формами рельефа, климатом, водами, почвами, растительность. Перечисленные природные условия в городских ландшафтах имеют различное значение. Любые виды строительства начинаются с изучения инженерно-геологических условий территории. Геологическое строение характеризует массив горных пород, находящихся в сфере инженерного воздействия. Они определяют условия строительства, надёжность основания зданий и сооружений. Горные породы являются вмещающей средой для подземных сооружений, основаниями трубопроводов и транспортных ёмкостей, и использования для производства строительных материалов, для отсыпки насыпей и дамб, для декоративных и облицовочных целей.

Рельеф имеет большое практическое значение при выборе площадки строительства, при прокладке трасс автомобильных дорог и железнодорожных путей, при размещении водоёмов, водохранилищ и других объектов. Крутизна склонов влияет на скорости стока поверхностных вод, скорости размыва земной поверхности ливневыми осадками, а также определяет характер строительного освоения склонов. Расчленённость рельефа зависит от состава прочности горных пород, их устойчивости к физическому выветриванию и размыву поверхностными водами.

Климат города определяется его географическим положением. Он формируется в результате взаимодействия солнечной радиации и атмосферных явлений с поверхностью земли. В условиях города в зависимости от характера этой поверхности (высоты и плотности застройки, размещения крупных промышленных предприятий, количества и видов зелёных насаждений), как правило, создаётся и собственный микроклимат. Изменения, внесённые в общий климатический фон, могут быть положительными или отрицательными. С одной стороны, высота, типология и геоморфологический рисунок застройки способны существенно снизить дискомфортное воздействие сильных холодных ветров, учесть благоприятные и неблагоприятные ориентации склонов, освоить сложные участки рельефа. С другой стороны, неудачные планировочные решения могут усугубить воздействие таких климатических показателей, как скорость ветра, создать в застройке аэродинамические потоки. Например, наветренное размещение промпредприятий в результате сноса вредных выбросов на селетьбу seriously

ухудшает экологическую и санитарно-эпидемиологическую обстановку в городе; концентрация промышленных объектов и транспортных потоков изменяет количество поступающей солнечной радиации, увеличивает число пасмурных дней и осадков, способствует образованию тёплых пятен и температурных инверсий. В целом совокупность климатических характеристик и особенностей, вносимых застройкой, создают микроклимат отдельных районов города.

Подземные воды и гидрологические условия в значительной степени влияют на характер освоения территории. Они определяются составом и фильтрационными свойствами горных пород, условиями залегания и распространения водовмещающих слоёв, климатическими факторами, наличием поверхностных водоёмов и рек, техногенными характеристиками. Подземные воды способны изменить физико-механические свойства пород (оснований зданий и сооружений), оказывать неблагоприятное влияние на фундаменты, подземные конструкции, трубопроводы, вызывать опасные геологические процессы (подтопление, заболачивание, оползни, морозные пучения грунтов). Подземные воды служат источником водоснабжения населения и промышленных предприятий, поэтому качество и количество воды может повлиять на экономическую и экологическую ситуацию в городах. Кроме того, подземные воды играют важную роль в сохранении естественного ландшафта и растительности на освоенной территории, в обустройстве рекреационных зон, при создании искусственных водоёмов и проч.

В результате интенсивной инженерно-хозяйственной деятельности природный ландшафт может нарушаться настолько, что нарушается связь природных компонентов и формируется антропогенный (техногенный) ландшафт. В современном городе признаки деградации ландшафта возникают уже через 2-3 года, а через 15-20 лет их экономический потенциал оказывается полностью утраченным. Формируются их сложные структуры, главным качеством которых является изменчивость, способность накапливать и положительный потенциал, и негативные последствия человеческой деятельности, что приводит к качественному преобразованию всех компонентов городских ландшафтов.

Городские ландшафты развиваются и функционируют на одном типе поверхностных отложений со сходными условиями дренажа. В их пределах почвенный покров претерпел морфологические нарушения сходной направленности, под определенной растительной группировкой сходного состава. Принципиальное значение при характеристике городских ландшафтов имеет фактор, который определяет внутреннюю структуру ландшафта и определяется соотношением открытых почвогрунтов, занятых и незанятых растительностью, промышленными и жилыми сооружениями, искусственными покрытиями.

Если в естественных ландшафтах потоки вещества и энергии в большинстве случаев сбалансированы, то в городских ландшафтах широко представлены потоки однонаправленные, например, аномальная концентрация рассеянных элементов в почвенногрунтовой толще или накопление органического вещества в почвах не сбалансированное процессами разложения, выноса и т.п.

Современный геохимический пресс (локальный, региональный, глобальный) города усиливает пестроту дифференциации территории. Необходимо отметить, поскольку в ландшафтах города ведущим фактором ландшафтогенеза выступает техногенез, то внутренняя структура ландшафта города обуславливается его внутрифоновыми вариациями и неоднородностью исходного природного ландшафта.

Классификация городских ландшафтов представляет сложную картину (Кулинич, Подгорная, 1997). В целом городские ландшафты могут быть разделены на несколько основных типов: селитебные (рис.3),



Рис.3. Селитебный тип ландшафта г. Уссурийска

промышленные, транспортные, ландшафты водно-зеленого диаметра, коммунально-складские, аграрные и др. Внутри данных типов могут быть выделены подтипы например, ландшафты водно-зеленого диаметра могут быть поделены на ландшафты пригородных рекреационных лесов, зеленой зоны речных долин, бульварно-парковой зоны (рис.4), зоны дачных участков и т.п.

Таким образом, современная структура антропогенных ландшафтов городов весьма сложная. Обладая при этом различной устойчивостью, эти ландшафты постоянно подвержены изменениям. И важной задачей в таких условиях является мониторинг за динамикой развития городских территорий, с целью более целесообразного планирования и развития хозяйства, разработке и проведению природоохранных мероприятий.



Рис. 4. Парковая зона в г. Хабаровске

#### **2.1.2. Геохимия ландшафтов и их биосферная роль (по А.И. Перельману, 1979)**

Принципиальное отличие ландшафтов от почв, илов, кор выветривания, водоносных горизонтов состоит в том, что в ландшафтах ведущее значение имеет фотосинтез, в то время как в других биокосных системах он

отсутствует, и их сущность определяется процессами разложения органических веществ. В ландшафтах разложение также играет важную роль, однако оно не определяет их главные особенности. Именно поэтому самые крупные единицы ландшафтов выделяются по характеру фотосинтеза – особенностями растительного покрова, биомассой и годичной продукцией.

По особенностям биологического круговорота ландшафты разделяются на несколько больших групп: лесных, степных и луговых, тундровых, пустынных и т.д. (пример на рис.5) Каждая группа характеризуется определенной величиной биомассы и отношением биомассы к ежегодной продукции живого вещества. Типы и семейства различаются в основном по величине годичной продукции живого вещества.

В пределах семейства главная роль в дифференциации ландшафтов принадлежит геохимическим классам вод, поэтому следующая единица геохимической классификации ландшафтов – класс – выделяется по особенностям вод. Различаются ландшафты кислого, сернокислого, содового, кислого глеевого и других классов. Химизм вод в разных подсистемах ландшафтов неодинаков: в почвах – один, коре выветривания – другой и т.д. При выделении классов исходят из геохимических особенностей гумусо-аккумулятивного горизонта водораздельных почв (почвы центра ландшафта).

Геохимические особенности ландшафтов оказывают большое влияние на живые организмы. По мнению В.И. Вернадского, Б.Б. Полынова, А.П. Виноградова и др. возможно, они служили важным фактором эволюции и видообразования.

Важную роль в качестве центров видообразования играли сернокислые ландшафты рудных месторождений, почвы и воды которых обогащены тяжелыми металлами. Растения здесь часто содержат много Fe, Zn, Ag, Pb и других металлов, своеобразен химический состав животных.

Ландшафты кислого класса, напротив, обеднены многими подвижными элементами, которые дефицитны для растений и животных. Особенно характерен дефицит кальция. Дикие и домашние животные здесь имеют малые размеры, хрупкий скелет, птицы несут мало яиц. Наблюдается дефицит и других элементов, на который реагируют флора, фауна и человек. Так, недостаток фтора в водах объясняет широкое распространение кариеса зубов, недостаток кобальта – малокровие, недостаток азота, фосфора и калия – низкие урожаи и болезни растений.

В ландшафтах кислого глеевого класса особое внимание привлекает роль растворенного органического вещества, так многие поколения животных этих ландшафтов пили «коричневую воду», содержащую сотни различных органических соединений.

В ландшафтах содового класса (солонцы, содовые озера) организмы поставлены в исключительно своеобразные условия сильнощелочной среды, дефицита многих важнейших элементов (особенно Fe, Ca, Mg), повышенного

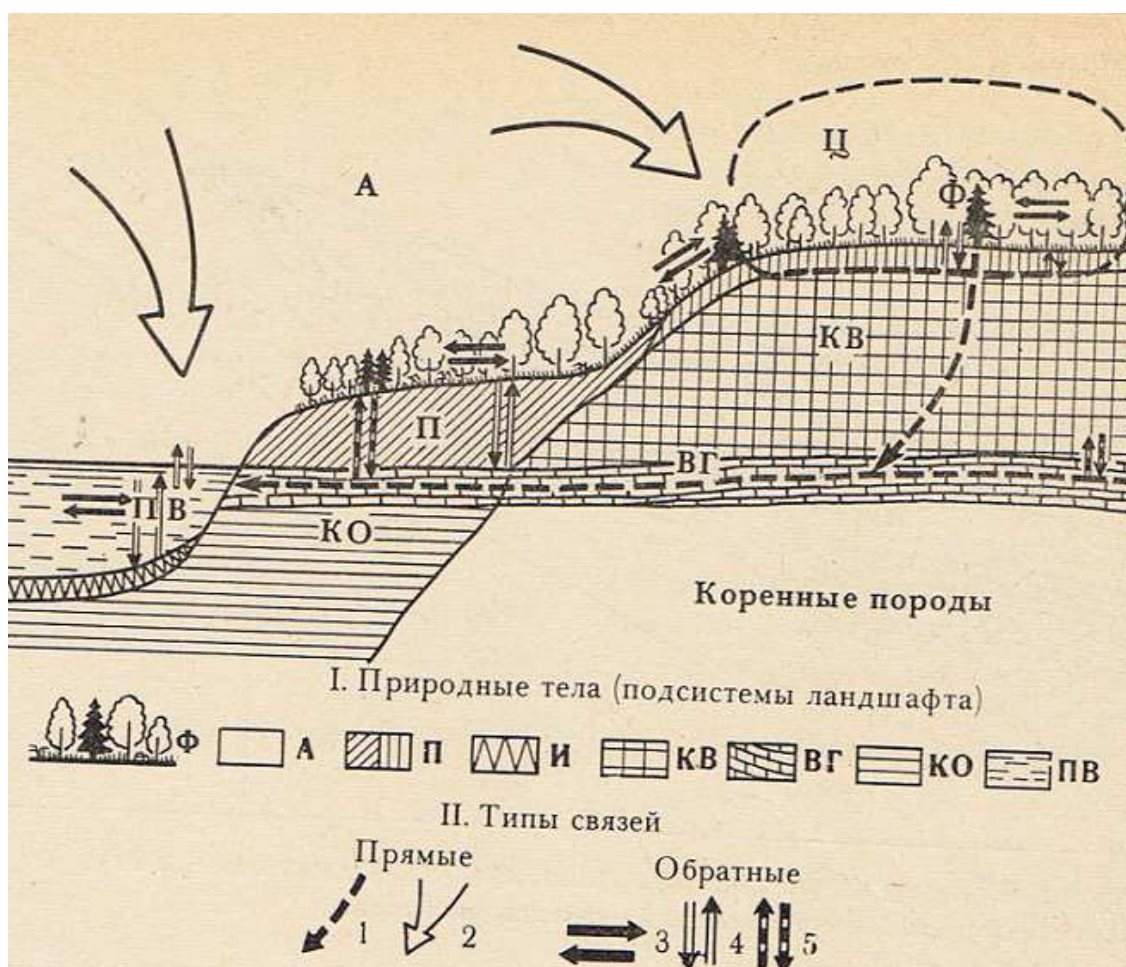


Рис. 5. Схема типов связей в лесном ландшафте (по Б.Б. Польшову):

*биокоcные тела*: П – почва, КВ – кора выветривания, И – ил, ВГ-водоносный горизонт, КО – континентальные отложения, ПВ – поверхностные воды, А - приземная атмосфера, Ф – наземный биоценоз, Ц – структурный центр ландшафта. *типы связей*: 1 – прямые – водные, 2 – воздушные, 3 – обратные – биотические, 4 – биокоcные, 5 – водные и воздушные.

содержания редких элементов.

Наиболее благополучны с точки зрения потребностей организмов ландшафты кальциевого класса. Они не только хорошо обеспечены кальцием, но и многими другими элементами. Эти ландшафты были центрами формирования кальциефильных видов и родов растений.

### 2.1.3. Культурные ландшафты

Изменения в биосфере привели к возникновению новых типов ландшафтов, не присущих биосфере, а характерных для ее нового состояния – ноосфере.

Вновь образующиеся ландшафты получили название "нооландшафтов". Все их большое разнообразие объединяется в 4 группы:

- культурные нооландшафты или нооландшафты урбанизации, возникшие при строительстве городов и вообще различных поселений,
- нооландшафты территориально-промышленных комплексов (ТПК), созданные вокруг крупных промышленных объектов,
- техногенные нооландшафты, возникшие в местах деятельности горно-рудных предприятий и на прилегающих к ним территориях.
- агроландшафты или нооландшафты, возникшие в районах сельскохозяйственной деятельности человечества.

Каждая из указанных групп нооландшафтов имеет свое происхождение, по-своему оказало влияние на природные (биосферные) экосистемы, и поэтому они отличаются своей формой, своими размерами и своими последствиями воздействия на окружающую среду. Особый интерес для городской среды представляют нооландшафты урбанизации, нооландшафты территориально-промышленных комплексов.

Культурные нооландшафты или нооландшафты урбанизации представляют собою сочетания сохранившихся (исходных) природных экосистем, а также остатков оставшихся природных экосистем, разной степени нарушенных и измененных. Рядом с ними сочетаются вновь возникшие нооландшафты, уже созданные руками человека (сады, скверы, парки, зоосады и зоопарки и т.п.). В культурных нооландшафтах все экосистемы, т. е. и сохранившиеся природные, и вновь созданные, подвергаются большим нагрузкам, что приводит к загрязнению, а также к уничтожению биоты или к сужению ареала ее обитания.. Вместе с этим происходят изменения в почвах и почвенном покрове. Поэтому природные (исходные) экосистемы видоизменяются и по составу, и по форме, и по темпам развития. В результате этих воздействий, состояние всего комплекса культурного нооландшафта становится совершенно иным, чем был исходный, природный. При этом последствия форм, и степени изменения природных экосистем, мало предсказуемы.

Культурные нооландшафты оказывают большое влияние и на прилегающие природные экосистемы, которые территориально и не входят в комплекс культурных. Это выражается в виде загрязнений, вызываемых создаваемыми свалками бытовых и промышленных отходов. Вокруг любых поселений возникают техногенные геохимические потоки, а также выбросы в атмосферу промышленной пыли, сажи, аэрозолей и других загрязнителей.

Нооландшафты территориально-промышленных комплексов видоизменяют природные экосистемы по очень схожей схеме с культурными, но в более крупных размерах, с большей интенсивностью и с большой скоростью. При этом загрязняются значительные площади вокруг промышленных предприятий и загрязнения их идут также с большой

скоростью. Нередко, среди загрязнителей оказываются долго «живущие» химические вещества, что или угнетает биоту, или даже полностью ее уничтожает. Одновременно загрязнению подвергаются и почвы, что может носить длительный, затяжной характер, а следовательно последствия угнетения биоты могут проявиться и в виде мутаций растений и живых организмов.

Техногенные нооландшафты возникают на месте добычи рудных и горючих ископаемых, а также строительных материалов, как открытым, так закрытым способом. Возникающие техногенные нооландшафты имеют самую разнообразную форму и размеры. При открытой добыче каменных углей, возникают котлованы (разрезы), отвалы вскрышных пород, которые нередко занимают площади в несколько сот квадратных километров. При открытой добыче россыпного золота образуются дражные поля, как правило, в пределах всей площади речной долины, где идет добыча металла. При шахтной добыче полезных ископаемых, создаются терриконы из вскрышных пород, обычно в непосредственной близости от поселений человека. При разработке месторождений строительных материалов возникают карьеры и котлованы. Для всех техногенных нооландшафтов характерны общие последствия воздействий на природные экосистемы. Это, прежде всего уничтожение растительного и почвенного покрова на месте создаваемых каменноугольных разрезов, дражных полей. Кроме этого, отчуждаются земли под отвалы вскрышных пород и, как следствие, на их месте уничтожается и растительный покров. Наряду с этим, вниз по склонам от созданных отвалов вскрышных пород, возникают техногенные геохимические потоки. Геохимические потоки, растекаясь, привносят в прилегающие почвы различные химические соединения, включая тяжелые металлы, что может вызвать загрязнения и почв и растительного покрова.

Под влиянием хозяйственной деятельности природные ландшафты могут трансформироваться в агроландшафты. На удобных для земледелия территориях наблюдается тотальная распаханность земель, массовый вынос гумуса, усиление мозаичности плодородия почв. Агроландшафты возникают преимущественно стихийно, без учета всего комплекса естественных ландшафтообразующих процессов. Границы землепользования обычно не сближаются с естественными ландшафтными рубежами. В их основе находится клеточная организация территории с размещением полей в 300-400 гектаров и более. Эти клетки врезаны в ландшафты насильно, без учета экологии и потенциальной продуктивности. При разработке сбалансированной системы земледелия особую значимость имеет определение биоэнергетического потенциала агроландшафта. Последний предполагает анализ баланса веществ и энергии в определенной агроландшафтной структурной единице. Не менее важным является представление о коэффициенте полезного действия ландшафта, образуемого

из соотношения энергии, аккумулируемой в виде сельскохозяйственного урожая и энергетических затрат на его производство. Созданный агроландшафт часто оказывается экологически несовершенным, неустойчивым. Он страдает от многих деструктивных процессов (эрозии и дефляции почв, засух, химического загрязнения и т.п.), не реализует в полной мере свой биопродуктивный потенциал. Один из основных путей в решении этой задачи – оптимальное насыщение агроландшафта элементами экологического назначения (локальными геосистемами буферного типа) как естественного (лесные, озерные, речные), так и антропогенного происхождения (лесные полосы, искусственные водоемы, буферные полосы многолетних трав и др.).

В зависимости от функционального использования земли территория города дифференцируется на зоны:

1. селитебная зона – включает жилые застройки всех видов, учреждения культурно-бытового обслуживания, бульвары, скверы и другие виды зелёных насаждений, а также улицы, площади, спортивные сооружения;

2. промышленная и коммунально-складская зона, состоящая из земель, занятых предприятиями промышленности, транспорта, энергетики, связи, складами, базами, объектами коммунального хозяйства, а также земель других землепользователей сферы производства;

3. сельскохозяйственная зона, объединяющая земли предприятий организаций, садоводческих и огороднических некоммерческих объединений граждан, используемые для сельскохозяйственного производства;

4. транспортная зона – зона железнодорожного, водного, внешнего автомобильного транспорта, а также система городского транспорта, включающая улично-дорожную сеть, автобусные парки и проч.;

5. зона отдыха, включающая лесные массивы, расположенные на территории города, имеющие почвозащитное, водоохранное, санитарно-гигиеническое и рекреационное значение;

6. прочие земли, объединяющие другие категории земель, не вошедшие в вышеперечисленные зоны (земли обороны, запаса и проч.).

Составной частью городского ландшафта являются почвы естественные, антропогенно-преобразованные, а также техногенные поверхностные образования.

## **2.2. Естественные почвы**

Естественная почва представляет собой экспонированное на поверхности суши природное или естественно-антропогенное твёрдофазное тело, сформированное многолетним взаимодействием процессов, приводящих к дифференциации исходного минерального и органического материала на горизонты. В ландшафтах городов развиты органогенные и органно-минеральные почвы, которые по «Классификация и диагностика

почв России» (2004) относятся к различным стволам:

- к стволу *постлитогенных* почв относятся почвы, в которых почвообразование осуществляется на сформировавшейся минеральной почвообразующей породе и существенно не нарушается отложением свежего материала;
- в почвах *синлитогенного* ствола почвообразование протекает одновременно с осадконакоплением, что находит отражение в профиле почв (аллювиальные и вулканические почвы);
- ствол *органогенных* почв объединяет почвы, профиль которых (весь или его большая часть) состоит из торфа различной степени разложения и ботанического состава.

### 2.2.1. Ствол постлитогенного почвообразования

Ствол постлитогенных почв разделяется на отделы в соответствии и комбинаторикой природных факторов почвообразования, вкладом деятельности человека и возрастом почв: текстурно-дифференцированные почвы, альфегумусовые, железисто-метаморфические, структурно-метаморфические, криометаморфические, палево-метаморфические, криогенные (криозёмы), глеевые почвы, аккумулятивно-гумусовые, светлогумусовые аккумулятивно-карбонатные малогумусовые, щелочно-глинисто-дифференцированные, галоморфные почвы, гидрометаморфические, органно-аккумулятивные, элювиальные почвы, литозёмы, слаборазвитые почвы, абразёмы, агроабразёмы, агрозёмы, турбированные.

Приведём характеристику отделов и типов почв, характерных для территории юга Дальнего Востока. Так почвы отдела *текстурно-дифференцированные почвы* диагностируются ясной минерально-гранулометрической дифференциацией профиля с обязательным присутствием горизонтов – элювиального, осветлённого и облепённого по гранулометрическому составу, и текстурного. Элювиальная часть профиля по сравнению с текстурными горизонтами и почвообразующей породой, обеднена полуторными оксидами. Она может быть в разной степени отбелена, окрашена гумусом или оксидами железа. Текстурный горизонт имеет бурые тона окраски, ореховато – призматическую структуру, хорошо выраженные многослойные глинистые, иногда пылеватые кутаны иллювиирования на поверхности структурных отдельностей. Верхняя часть текстурной толщи иногда имеет признаки элювиальной деградации в виде системы белесых узких языков – полуразрушенных фрагментов текстурного горизонта в осветлённом материале. Возможен также постепенный переход от элювиального горизонта к текстурному, проявляющийся в слабом осветлении внутрипедной массы в переходной толще.

Такой тип строения профиля является результатом комплекса

дифференцирующих процессов, заключающихся в избирательном разрушении минералов илистой фракции, с выносом продуктов разрушения за пределы профиля.

*Отдел текстурно-дифференцированных почв* включает типы почв:

- текстурно-метаморфические;
- агрозёмы текстурно-метаморфические;
- тёмногумусовые подбелы глеевые;
- тёмногумусовые подбелы типичные;
- агротёмногумусовые подбелы глеевые.

Приведём характеристику названных типов почв на примере репрезентативных разрезов, выполненных в ландшафтах Приморья.

*Текстурно-метаморфические почвы* формируются под широколиственными и остепненными дубовыми лесами, редколесьями и порослевыми древесно – кустарниковыми зарослями на делювиальных отложениях.

Морфологический профиль состоит из горизонтов: АУ – ЕLm – ВТ – С. Серогумусовый горизонт этих почв имеет мощность 7-10 см, непрочнокомковатую структуру и мелкие корни по всему слою. Он постепенно переходит в белесый горизонт ЕLm мощностью 20-30 см, который имеет пластинчато-листоватое сложение и содержит большое количество марганцево-железистых конкреций. Текстурный горизонт ВТ имеет темно-бурый цвет, призматическо-слоистую структуру. На структурных отдельностях много белесой мучнистой присыпки; книзу её количество заметно убывает, и текстурный горизонт плавно переходит в почвообразующую породу.

Морфологическое описание приводится на основе репрезентативного разреза 17, заложенного в долине р. Арсеньевка (территория города Арсеньева) под кедрово-широколиственным лесом, на пологом склоне увала крутизной 4° (рис. 6).

АУ (0-12 см) – влажный, тёмно-серого цвета, тяжелосуглинистый, мелкокомковатый, пронизан корнями, переход резкий.

Elm (12-38 см) – влажный, светлобуроватый, среднесуглинистый, листоватой структуры, уплотнён, мелкопористый, переход ясный.

ВТ (38-65 см) – влажный, тяжелосуглинистый, бурый, призматической ограненной структуры, очень плотный, по граням структурных отдельностей кремнезёмистая присыпка, переход постепенный.

С (65-104 см) – влажный, тёмнобурый, тяжелосуглинистый, слабооструктурен, с глянцевым блеском, очень плотный.

*Агрозёмы текстурно-метаморфические.* В пахотных разностях текстурно-метаморфических почв сохраняются все генетические горизонты, свойственные целинным, но в верхней части профиля соотношение между горизонтами меняется (Р – Elm – ВТ – С). Морфологическое описание

приводится по исследованиям Э.П. Синельникова и Ю.И. Слабко (2005). Разрез 1 заложен в пригороде г. Уссурийска..

Р (0-23 см) – агрогумусовый горизонт, свежий, светло-коричневый, тяжелосуглинистый, структура комковатая, округло-кубовидная и крупно ореховато-зернистая, новообразований нет, встречаются отдельные камни до 5-7 см. Переход резкий по окраске.

Elm (23-36 см) – свежий, белесовато-коричневый, окраска однородная, легкоглинистый, структура слоисто-комковатая, включения (дресва 0,3–0,5 см до 10 %). Многочисленные орштейны. Новообразования: ржавые охристые пятна гидроокиси железа. Переход постепенный по плотности.

BT (36-52 см) – свежий, светло-коричневый, легкоглинистый, структура крупноореховато-комковатая, включения дресвы, новообразования – кремнезёмистая присыпка, ржавые охристые пятна гидроокиси железа.

Верхний агрогумусовый горизонт чаще всего образуется из серогумусового горизонта и припаханных к нему элювиально-метаморфического, а также верхней части текстурного.

*Тёмногумусовые подбелы типичные* имеют почвенный профиль: AU – Elnng – BTg – G – CG. Тёмногумусовый горизонт мощностью до 20 см, серого цвета, комковато-порошистой структуры. Его резко сменяет отбеленный горизонт Elnng мощностью 15-20 см, пепельного или серовато-пепельного цвета, слоистой (пластинчатой) структуры, слабопористый, уплотненный с большим количеством конкреций. Ниже идет текстурный горизонт BTg с обильной белесой присыпкой в верхней части, а ниже окраска меняется до сизовато-темно-бурой. Глеевый горизонт чаще всего зернисто-дробовидной структуры. По граням структурных отдельностей отмечается белесая мучнистая присыпка. Далее этот горизонт постепенно переходит в пеструю плотную глину – почвообразующую породу CG.

*Агротёмногумусовые подбелы глеевые* (рис. 7) состоят из горизонтов:

PU – Elnng – BTg – C. При распашке тёмногумусовых подбелов глеевых вовлекаются в агротёмногумусовый горизонт элювиально-метаморфический, а иногда и текстурный, ухудшающие агрогидрологические свойства вновь. *Почвы отдела структурно-метаморфические* формируются на склонах и вершинах сопок. Приурочены к хорошо водопроницаемым породам, не испытывают длительного переувлажнения. Почвообразующая порода - преимущественно элювий плотных пород (граниты и базальты). Большая часть этих почв сохранилась в естественном состоянии под широколиственными и хвойно-широколиственными лесами. Лишь незначительная площадь окультурена и используется под пашню и кормовые угодья. Основным диагностическим горизонтом почв отдела является структурно-метаморфический, который по сравнению с почвообразующей породой отличается ясной педогенной структурной организацией



Рис. 6. Морфологическое строение текстурно-метаморфические почвы

созданного агротёмногумусового горизонта. Кроме того, подпахотные горизонты этих почв обладают относительно благоприятными свойствами, обусловленными значительной их гумусированностью и агрегированностью.



Рис. 7. Морфологический профиль агротёмногумусовых подбелов  
глеевых

минеральной массы. Структура может быть комковатой или ореховато-комковатой, плёнки иллювиирования отсутствуют или выражены слабо. Горизонт обычно имеет насыщенные бурые или коричневые тона окраски за счёт присутствия красящих соединений железа в почвенной массе. Структурно-метаморфический горизонт сочетается с серогумусовым горизонтом. Допускается также присутствие осветлённого элювиального горизонта. Почвы отдела характеризуются широким диапазоном степени дифференциации по гранулометрическому и валовому составу.

Отдел структурно-метаморфических почв включает типы почв:

- бурозёмы;
- агрозёмы структурно-метаморфические.

*Бурозёмы* формируются в условиях горных склонов, и в этих условиях часть атмосферных осадков стекает по их поверхности, приводя к постоянному «омоложению» или смыву почвенного профиля за счет денудации и, тем самым, стабилизации почвообразования на одной и той же стадии – буроземной. Такие почвы с постоянно «омолаживающимся» профилем считаются интразональными, хотя они и являются характерными для горных склонов. Однако, как исключение, они встречаются и на равнинах, где обычно приурочены к хорошо водопроницаемым породам и дренированным формам рельефа. На горных склонах почвы не испытывают длительного переувлажнения, так как избыток осадков быстро удаляется за счет поверхностного и интенсивного внутрипочвенного стока. Последнее обстоятельство обусловлено развитием суглинисто-щебнистых почв, обладающих высокой фильтрацией. Для описываемых почв характерно насыщение генетического профиля полуторными окислами (большая обменная кислотность нижних горизонтов, обусловленная поглощенным алюминием, и сильное разложение органических остатков с накоплением гумуса типа «мюль»).

Изменение водного режима обусловило появление в составе травостоя таких типичных степных растений как келерия и арундинелла и кустарника леспедыцы двухцветной. Постепенно вторичные разнотравно-злаковые дубняки стали устойчивой остепненной формацией. Смена растительности обусловила появление своеобразных почв лесостепного ряда, которые включают в себя признаки прежних процессов буроземообразования и современного дернового процесса.

Бурозёмы включают горизонты: АУ – ВМ – С.

Морфология бурозёмов приводится на примере репрезентативного разреза, заложенного в 1 км от р. Кедровая, на пологом склоне сопки северо-восточной экспозиции (высота около 300 м над уровнем моря) под пологом кедрово-пихтового леса с примесью клена ложнозибольдового, диморфанта, липы. В подлеске наблюдается жимолость раноцветущая, бересклет, лианы. Травянистый покров редкий, преобладает папоротник Осмунда. Приводим описание морфологического профиля (рис. 8).

А<sub>0</sub> 0-3 см Слаборазложившаяся рыхлая лесная подстилка из хвои, листьев, веточек; обильные мицеллы грибов.

АУ 3-15 см Серогумусовый горизонт, тёмно-серого цвета, тяжелосуглинистый, хорошо оструктуренный порошисто-комковатый, рыхлый, влажный, густо переплетен корнями; переход ясный.

ВМ 15-26 см Структурно-метаморфический горизонт, желтовато-бурый, тяжелосуглинистый, не прочнокомковатый, плотный, свежий, много корней и щебня, переход постепенный.



Рис. 8. Морфологический профиль бурозёма

С 26-65 см Почвообразующая порода - элювий гранита желто-ржавого цвета.

*Агрозоёмы структурно-метаморфические* состоят из горизонтов: Р – ВМ – С. Морфологическое описание приводится по (Синельников, Слабко, 2005).

Р (0-32 см) – агрогумусовый, сухой, окраска однородная коричневая, легкоглинистый, структура комковатая, включения: дресва мелкая. Новообразования: белесые пятна, бурые прожилки, ортштейны. Переход постепенный.

ВМ (32-58 см) – сухой, светло-коричневый, среднесуглинистый, структура неясная крупнокомковатая. Включения: остатки валунов, полувыветрелые камни, дресва мелкая.

*Почвы отдела глеевые* развиваются на пониженных элементах рельефа, в долины рек Матвеевка, Журавлёвка, Шкотовка, Илистая, Сунгач, Раздольная и др., а также в междувальных понижениях под разнотравно-злаковыми, осоково-вейниковыми растительными группировками. Охватывают территории городов Уссурийск, Фокино, Партизанск, Камень-Рыболов и др. Часть их используется под посевы, сенокосы и пастбища. Почвообразующая порода – озёрно-речные отложения.

Отдел объединяет почвы, общей чертой профиля которых является глеевый горизонт, залегающий непосредственно под аккумулятивным органо-генным или гумусовым горизонтом. Глеевый горизонт может сменяться глеевой минеральной толщей. Поверхностные аккумуляции органического вещества представлены гумусовыми горизонтами. Оглеение проявляется в холодных сизых, голубых или зеленоватых тонах окраски и является результатом восстановительной мобилизации железа в условиях периодически застойного переувлажнения.

Отдел глеевых почв включает типы почв:

- тёмногумусово-глеевые;
- агротёмногумусово-глеевые;
- торфяно-глеезёмы;
- агроторфяно-глеезёмы;
- перегнойно-глеевые;
- агроперегнойно-глеевые.

*Тёмногумусово-глеевые почвы.* Формируются эти почвы под осоково-разнотравной и осоково-вейниковой растительностью на поверхностях с неглубоким залеганием грунтовых вод. Строение почвенного профиля простое: AU – G – CG (рис.9). Тёмногумусовый горизонт AU сменяется глеевым горизонтом G сизо-бурого или буро-сизого цвета. Переход этого горизонта в почвообразующую породу визуально слабо заметен.

Морфология данных почв приводится по репрезентативному разрезу 86, заложенному в долине р. Арсеньевка (территория г. Арсеньева). Угодые – сенокос.

AU (0-29 см) – мокрый, чёрный, тяжелосуглинистый, вязкий, обильно пронгизан корнями, переход постепенный.

G (29-62 см) – мокрый, тёмносизый, икрянисто-творожистой структуры, глинистый, вязкий, единично корни, со стенок сочится вода.

CG (62-76 см) – мокрый, сизый с охристыми пятнами, глинистый, вязкий, единично корни, со стенок сочится вода.



Рис. 9. Морфологический профиль тёмногумусово-глеевой почвы

*Агротёмногумусово-глеевые почвы* имеют следующий профиль: RU–AU–G–CG. Агротёмногумусовый горизонт до 17-22 см свежий, темно-серый, глинистый, комковатый, уплотнен, пронизан корнями растений. Тёмногумусовый горизонт имеет сизо-бурый цвет, глинистый гранулометрический состав, липкий, вязкий, переход постепенный. Глеевый G влажный, бурый, глинистый, комковато-зернистый, уплотнен, пронизан корнями, оглеен, переход в почвообразующую породу постепенный.

*Торфяно-глеезёмы* (рис.10) залегают по наиболее плоским бессточным понижениям в долинах рек Журавлёвка, Павловка, Уссури, Шкотовка, Барабашевка, на низких террасах оз. Ханка (территории городов Спасск, Артём, Дальнереченск и др.). Этим почвам свойственно длительное и постоянное избыточное увлажнение, обусловленное атмосферно-склоново-грунтовым питанием. Поверхность большей частью заочкачена и покрыта вейниково-осоковыми, осоково-вейниково-разнотравными, осоково-тростниковыми, вейниково-пушицевыми-осоковыми и другими растительными ассоциациями. Почвообразующая порода – озёрно-речные отложения. Грунтовые воды залегают близко от поверхности.

Залегают эти почвы по наиболее плоским бессточным понижениям в долинах рек Журавлёвка, Павловка, Уссури, Шкотовка, Барабашевка, на низких террасах оз. Ханка и др. Этим почвам свойственно длительное и постоянное избыточное увлажнение, обусловленное атмосферно-склоново-грунтовым питанием. Поверхность большей частью заочкачена и покрыта вейниково-осоковыми, осоково-вейниково-разнотравными, осоково-тростниковыми, вейниково-пушицевыми-осоковыми и другими растительными ассоциациями. Почвообразующая порода – озёрно-речные отложения. Грунтовые воды залегают близко от поверхности.

Почвенный профиль включает горизонты: T – G – CG. По данным А.С. Корлякова (1994), данные почвы характеризуются наличием верхнего торфяного слоя мощностью от 15 до 50 см. Торф имеет бурую или коричневую окраску со слабой степенью разложения, и подстилается глеевым G горизонтом буровато-сизой или серо-сизой окраски с ржавыми и буро-ржавыми пятнами, который постепенно переходит в подстилающую оглеенную породу CG.

*Агроторфяно-глеезёмы* - это торфяно-глеезёмы после проведения на них коренных мелиораций. Почвенный профиль состоит из горизонтов: RT–T–G–CG.

*Перегнойно-глеевые почвы* формируются на разных геоморфологических уровнях, в условиях длительного переувлажнения, занимая наиболее низкие поверхности, где отмечается постоянный застой почвенно-грунтовых вод. Поверхность большей частью заочкачена и



Рис. 10. Морфологический профиль торфяно-глеезёма

покрыта вейниково-осоковыми, осоково-вейниково-разнотравными растительными группировками.

По морфологическому строению (Н–G–CG) почвы характеризуются наличием перегнойного горизонта (Н) мощностью 15-20 см, подстилаемого глеевым горизонтом (G) мощностью до 40 см, сизо-серого или буровато-сизого цвета, творожистой структуры, постепенно переходящий в ржаво-сизую мокрую, мажущуюся почвообразующую породу CG.

Морфологическое описание приводится по репрезентативному разрезу 281, заложенному в долине р. Медведка. Угодье – выгон закоряженный с осоковой растительностью.

Н (0-22 см) – влажный, чёрный, мажется, комковатый, принизан корнями, переход ясный, с затёками.

G (22-70 см) – влажный, пёстрый с сизыми и охристыми пятнами,

икрянистой структуры, пронизан единичными корнями, переход постепенный.

CG (70-120 см) – сырая глина, бесструктурная, рыжая с сизыми вкраплениями.

*Агроперегнойно-глеевые почвы* – это освоенные под выращивание сельскохозяйственных культур перегнойно-глеевые почвы.

Морфологический профиль состоит из горизонтов: PU – H – G – CG.

*Почвы отдела гидрометаморфические* залегают на слаборасчленённых равнинах, а также в долинах рек Уссури, Арсеньевка, Спасовка, Раздольная, Партизанская и др. Почвообразующие породы – озёрно-речные отложения. Грунтовые воды залегают на глубине 8-10 м от поверхности. В периоды дождей они подходят близко к поверхности и подпитывают нижние горизонты почвенного профиля. Вследствие этого, а также тяжелого гранулометрического состава в профиле отмечается оглеение гидрометаморфического горизонта. Поэтому почвы отдела характеризуются наличием тёмногумусового или перегнойного горизонта, постепенно переходящего в специфический гидрометаморфический горизонт, в котором, несмотря на регулярное переувлажнение, отсутствуют обычные морфохроматические признаки глея в виде сизых и голубых пятен. Однако о временных восстановительных условиях в гидрометаморфическом горизонте свидетельствуют Mn-Fe конкреции. Гидрогенный метаморфизм в условиях нейтральной или щелочной среды, характерной для почв отдела, проявляется в виде стальных или оливковых тонов окраски, потёчности органического вещества, творожистой или крупитчатой структуры.

Отдел гидрометаморфических почв включает типы почв:

- гумусово-гидрометаморфические;
- агрогумусово-гидрометаморфические;
- перегнойно-гидрометаморфические;
- агроперегнойно-гидрометаморфические.

*Гумусово-гидрометаморфические почвы* развиты в основном в пределах Западно-Приморской равнины под остепненными разнотравно-злаковыми группировками с келерией и арундинеллой в комплексе с кустарниковыми зарослями. Данные почвы имеют почвенный профиль: AUq – Q – CQ (рис. 11).

Верхний тёмногумусовый горизонт AUq, достигающий мощности 20-40 см, серого цвета, комковатой структуры, постепенно сменяется гидрометаморфическим Q буровато-серым или серо-черным со слабо сизоватым оттенком и глянцевым блеском, комковато-призматической структуры. Этот горизонт постепенно переходит в породу CQ – сизо-бурую глину. Профиль почв сложен различными суглинками, а подстилаются они аллювиальными и озерно-аллювиальными отложениями. Это могут быть глины, пески, речной галечник. Мощность почвенных профилей колеблется от 60-80 см до 120-150 см. При вовлечении гумусово-гидрометаморфических

почв в пашню, на них создаётся мощный (от 20 до 30 см) агротёмногумусовый горизонт с высоким содержанием гумуса. Важной особенностью описываемых почв является неглубокое залегание почвенно-грунтовых вод, но почвы переувлажняются только в периоды затяжных дождей. Дерновые и тёмногумусовые горизонты сформировались под воздействием лугового разнотравья.

*Агрогумусово-гидрометаморфические* почвы имеют почвенный профиль: PU – AU – Q – CQ. Агротёмногумусовый слой имеет темно-серый цвет, свежий, тяжелосуглинистый, комковатой структуры, уплотнён, пронизан корнями растений. Переход в гидрометаморфический горизонт происходит через тёмногумусовый AU – влажный, серо-буроватый, тяжелосуглинистый, слоисто-комковатый, уплотненный, пронизанный корнями растений. Горизонт Q влажный, буровато-коричневый, ореховатой структуры, оглеение в виде сизо-ржавых пятен, плотный, с многочисленными мелкими корнями. Нижняя часть гидрометаморфического горизонта Q представлена влажным слоем, темно-бурого цвета, глинистого гранулометрического состава, ореховатой структуры, много железисто-марганцевых конкреций, переход в почвообразующую породу постепенный.

Приводит описание репрезентативного разреза 3, заложенного в долине р. Раздольная, на пашне.

PU (0-22 см) – влажный, темно-серый, комковато-порошистый, тяжелосуглинистый, уплотнён, пронизан мелкими корнями, переход ясный.

AU (22-40 см) – влажный, серо-бурый с сизыми и охристыми пятнами, структура выражена плохо, тяжелосуглинистый, плотный, пронизан корнями, переход постепенный.

Q (40-90 см) – влажный, бурый с сизыми и охристыми пятнами, мелкозернистой структуры, глинистый, плотный.

CQ (90-160 см) – глина зеленоватого цвета с ржавыми пятнами, мокрая, вязкая, липкая, с глубины 160 см верховодка.

*Перегнойно-гидрометаморфические* почвы развиты в низких плоских равнинах. В составе морфологического профиля следующие горизонты: Н – G – CG. Мощность перегнойного горизонта почв колеблется от 6 до 39 см.

*Агроперегнойно-гидрометаморфические* почвы – это перегнойно-гидрометаморфические почвы, освоенные под возделывание сельскохозяйственных культур после проведения коренных мелиораций. Морфологический профиль имеет вид: PU – Н – G – CG. После освоения данных почв обращает на себя внимание изменение плотности почвы. Известно, что наибольшим колебаниям плотности почв и естественной влажности подвержены генетические горизонты верхней метровой толщи.

*Отдел абразёмы* объединяет почвы, лишённые верхних диагностических горизонтов в результате естественной или антропогенной водной эрозии, дефляции, а также механического срезания. Непосредственно



Рис. 11. Морфологический профиль гумусово-гидрометаморфические почвы

на дневную поверхность выступает в той или иной степени сохранившийся срединный (текстурный, структурно-метаморфический и др.) горизонт или

его нижняя часть, переходная к почвообразующей породе, или порода. В пределах отдела абразёмов типы определяются характером выходящего на поверхность срединного горизонта. Данные почвы, согласно «Классификации и диагностики ...» (2004), занимают небольшие площади и являются относительно неустойчивыми образованиями: при отсутствии растительного покрова и активном действии эрозии они быстро разрушаются.

*Отдел агроабразёмы*, как и почвы предыдущего отдела абразёмов, лишены верхних диагностических горизонтов естественных почв в результате эрозии, дефляции, механического срезания при планировке полей и др. Специфической особенностью является особый агроабрадированный горизонт, который сформировался в результате трансформации срединного - агроабразионного горизонта (РВ), а иногда непосредственно почвообразующей породы (РС). Агроабрадированный горизонт в значительной степени сохраняет окраску исходного материала из-за низкого (около 1-1,5%) содержания гумуса. Для агроабрадированного горизонта допускается присутствие в его массе отдельных фрагментов исходных генетических горизонтов или почвообразующей породы (признак агрогетерогенности), указывающее либо на относительную кратковременность земледельческого освоения ранее абрадированных почв (абразёмов), либо на активно развивающуюся эрозию.

Отдел агроабразёмов включает типы почв:

- агроабразёмы текстурно-метаморфические с морфологическим профилем: РВ (РС) – ВТ – С;
- агроабразёмы структурно-метаморфические с морфологическим профилем: РВ – ВМ – С.
- агроабразёмы тёмногумусовые подбелы глеевые с морфологическим профилем: РВ – ELnng – ВТg – G – CG.

### **2.2.2. Ствол синлитогенного почвообразования**

Согласно «Классификации ...» (2004), ствол синлитогенных почв объединяет почвы, в которых почвообразование протекает одновременно с аккумуляцией свежего минерального материала. Его поступление приводит к постоянному омолаживанию субстрата и ограничивает формирование почвенного профиля. Накопление материала различного гранулометрического состава на поверхности почвы вызывает рост почвенного профиля вверх. В результате формируется толща различной мощности и разной степени слоистости, в которой и осуществляется современное почвообразование. Для почв этого ствола характерен профиль, состоящий из органно- или гумусово-аккумулятивного горизонта, постепенно сменяющегося слоистой толщей.

Почвы синлитогенного ствола сгруппированы в отделы: аллювиальные

почвы, вулканические почвы, стратозёмы, слаборазвитые.

Приведём характеристику отделов и типов почв, характерных для территории юга Дальнего Востока.

Так почвы отдела аллювиальные формируются в условиях поёмного режима – регулярного отложения на поверхности поймы слоёв свежего речного или озёрного аллювия разного гранулометрического состава. Мощность слоёв варьирует от нескольких миллиметров до 10–30 см. Специфика профилей аллювиальных почв определяется комбинациями различных органогенных, гумусового, глеевого, гидрометаморфического горизонтов, а также горизонта гидрогенной аккумуляции железа и марганца.

Отдел аллювиальных почв включает типы:

- аллювиальные серогумусовые (дерновые);
- агрогумусовые (агродерновые) аллювиальные;
- аллювиальные торфяно-глеевые;
- агроторфяно-глеевые аллювиальные.

Приведём характеристику названных типов почв на примере репрезентативных разрезов, выполненных в ландшафтах Приморья.

*Аллювиальные серогумусовые (дерновые) почвы* развиты на I, II террасах рек, занимая обширные территории долин рек Уссури, Матвеевка, Раздольная, Арсеньевка (территории городов Партизанск, Арсеньев, Дальнереченск и др.). Эти почвы вышли из-под влияния постоянных наводнений и подвержены затоплению лишь в наиболее катастрофические паводки. Профиль имеет простое строение: АУ–С<sup>~</sup>.

Морфологическое описание приводится по репрезентативному разрезу 4, заложенному в долине р. Матвеевка (рис. 12).

АУ (0–28 см) – серый, свежий, легкосуглинистый, комковатый, слабо уплотнён, пронизан корнями, переход ясный.

С<sup>~</sup> (28–100 см) – материнская порода желтовато-серого с переходом к жёлто-рыжему цвета, свежая, пронизана корнями, комковато-мелкоореховатой структуры, рыхлая, супесчаного гранулометрического состава, встречаются корни.

*Агрогумусовые (агродерновые) аллювиальные почвы* приурочены к пойме и надпойменным террасам рек. Почвенный профиль включает горизонты: Р–АУ–С<sup>~</sup>. Рассмотрим морфологию этих почв на примере разреза 4, заложенного на I надпойменной террасе р. Раздольная, в 150 м от уреза воды.

Р (0–24 см) – агрогумусовый тёмно-серого цвета, однородный, рыхлый, легкосуглинистый, слабо оструктуренный, много мелких корней, переход ясный, граница неровная.

АУ (24–83 см) – серогумусовый горизонт серого цвета со светло-коричневыми линзами, супесчаный, уплотнён, пронизан корнями, в нижней



Рис.12. Морфологический профиль аллювиальной серогумусовой (дерновой) почвы

части встречается галька, переход языковатый.

С  $\sim\sim$  (83–150 см) – светло-серый песок с галькой.

*Аллювиальные торфяно-глеевые почвы* развиты повсеместно в равнинных ландшафтах, в поймах рек. Имеют следующий набор генетических горизонтов: Т–G–СG $\sim\sim$ . Диагностируются по наличию торфяного (Т) и глеевого (G) горизонтов. Органический материал торфяного горизонта хорошо разложен, имеет тёмно-бурый цвет с характерными ржавыми примазками и пятнами гидроксидов железа и марганца. Горизонт часто содержит прослойки мелкозёма тяжелого гранулометрического состава. Ниже следует глеевый горизонт, покрашенный потёчным

гумусовым веществом, сменяющийся слоистым оглеенным аллювием.

*Агроторфяно-глеевые аллювиальные почвы* состоят из серии горизонтов: PTR–TR–G–CG<sup>~</sup>. Сформировались они в результате агрогенной трансформации торфяно- и перегнойно-глеевых аллювиальных почв. Диагностируются по наличию агроторфяно-минерального горизонта PTR. Этот горизонт имеет буровато-коричневый цвет, с элементами комковатой структуры и значительной примесью иловато-глинистого минерального материала. Содержание органического вещества может достигать 25-32%. Наличие примесей и связанные с ними свойства горизонта обусловлены как регулярным поступлением минерального материала с паводковыми водами рек Арсеньевка, Раздольная, Артёмовка, Илистая, Мельгуновка, Спасовка, Большая Уссурка и др., так и агротехническими приёмами. Ниже агроторфяно-минерального горизонта залегает сохранившаяся от естественных почв нижняя часть торфяного горизонта, часто также обогащённая материалом в виде тонких прослоек и подстилаемая глеевой аллювиальной толщей.

*Отдел слаборазвитых почв* включает почвы с гумусово-слаборазвитым горизонтом (W), залегающим на слоистой толще аллювиального происхождения. Ограниченное проявление почвообразования в них вызвано активным осадконакоплением, препятствующим непрерывному почвообразованию. Поверхностный горизонт содержит примесь привнесенного, не ассимилированного почвообразованием минерального материала, а в слоистой почвообразующей породе наблюдается система погребенных органогенных горизонтов.

Отдел слаборазвитых почв включает типы:

- аллювиальные слоистые типичные;
- аллювиальные слоистые глееватые.

Приведём характеристику названных типов почв на примере репрезентативных разрезов, выполненных в ландшафтах Приморья.

*Аллювиальные слоистые типичные почвы* залегают в равнинных ландшафтах, в поймах рек, занимая пониженные части микрорельефа. Профиль состоит из горизонтов W–C<sup>~</sup>. Гумусово-слаборазвитый горизонт W залегает непосредственно на аллювиальных отложениях различного гранулометрического состава (от тяжёлых суглинков до супеси).

Морфологическое описание приводится по разрезу 43, заложенному в с. Каменка Чугуевского района, на разнотравно-осоковом лугу.

W (0–24 см) – влажный, сизовато-серый, тяжелосуглинистый, комковатый, слабо уплотнён, пронизан корнями, переход резкий.

C<sup>~</sup> (24–59 см) – влажная почвообразующая порода, состоящая из слоёв различного цвета (от желтовато-серовой до сизовато-охристой) и различного гранулометрического состава (от лёгкосуглинистого до песка разной крупности).

*Аллювиальные слоистые глееватые почвы* отличаются от описанного предыдущего типа почв признаками оглеения в минеральной толще. Морфологический профиль состоит из горизонтов  $W-C_g^{~~}$ .

*Отдел стратозёмов*, согласно «Классификации ...» (2004), объединяет почвы, большая часть профиля которых представлена гумусированной стратифицированной толщей мощностью более 40 см. Эта толща условно рассматривается как стратифицированный серогумусовый горизонт. Его верхняя часть вмещает аккумулятивно-гумусовый горизонт с близкими свойствами. Стратифицированный горизонт перекрывает профиль какой-либо почвы или минерального субстрата. Формирование стратозёмов может быть связано с водной или эоловой аккумуляцией, а также с периодическим искусственным поступлением (в том числе с ирригационными водами) минерального или органического материала. Оно осуществляется постоянно, в течение длительного времени и сингенетичного, что и обуславливает положение стратозёмов среди почвенных образований синлитогенного ствола.

По строению профиля - наличию аккумулятивного гумусового горизонта в стратифицированной толще – стратозёмы близки к соответствующим аллювиальным почвам.

Отдел стратозёмов включает типы почв:

- стратозёмы серогумусовые на погребённой почве;
- агростратозёмы гумусовые на погребенной почве.

Приведём характеристику названных типов почв.

*Стратозёмы серогумусовые на погребённой почве* имеют почвенный профиль:  $A_Y-R_Y-[A-B-C]$ . Как видим, он состоит из серогумусового горизонта  $A_Y$  и соответствующего стратифицированного горизонта  $R_Y$  с суммарной мощностью более 40 см, но не более 100 см. Ниже этих горизонтов вскрывается погребенный почвенный профиль  $[A-B-C]$ . Формируются преимущественно под травянистой растительностью.

*Агростратозёмы гумусовые на погребенной почве* имеют почвенный профиль:  $P-R_Y$  или  $R_J-[A-B-C]$ . Формируются при земледельческом освоении серогумусового стратозёма. Агрогумусовый горизонт  $P$  существенно отличается от стратифицированного горизонта  $R_Y$  более плотным сложением, глыбистой структурой, резкой границей.

### **2.2.3. Ствол органогенного почвообразования**

Ствол органогенных почв, согласно «Классификации ...» (2004), включает почвы, профиль которых (весь или его большая часть) состоит из органического материала, обычно из торфа любого ботанического состава и степени разложения. Ствол включает два отдела: торфяные почвы (с естественными торфяными горизонтами) и торфозёмы (осушенные торфяные почвы с разными агрогенными горизонтами). Поскольку торфяной горизонт

присутствует в почвах разных отделов и стволов, то мы приведём схему строения профилей почв с торфяным горизонтом разной мощности и разными их соотношениями с подстилающими минеральными горизонтами.

*Отдел: торфяные почвы.* Почвы отдела характеризуются наличием поверхностного торфяного горизонта различного состава, сменяющегося органомогенной породой. Общая мощность торфяной толщн превышает 50 см. Порода может достигать нескольких метров, иметь разный состав торфа или подстилаться минеральной толщей в пределах метра.

Отдел торфяных почв включает типы:

- торфяные олиготрофные;

---

- торфяные эуотрофные

Приведём характеристику названных типов почв на примере репрезентативных разрезов, выполненных в ландшафтах Приморья.

*Торфяные олиготрофные почвы* занимают плоские бессточные понижения. Поверхность заболочена, заочкарена, в некоторых местах наблюдается верховодка. Грунтовые воды залегают близко от поверхности, способствуя переувлажнению всей почвенной толщн. Почвенный профиль состоит из генетических горизонтов: ТО–ТТ.

Разрез 153 заложен на заболоченном лугу, в Спасском районе (территория города Спасск–Дальний) (рис. 13).

ТО (0–39 см) – олиготрофно-торфяной горизонт коричневой окраски, мокрый, обильно пронизан корневищами травянистых растений.

ТТ (39–70 см) – торфяной подстилающий слой, в течение значительной части вегетационного периода насыщен водой; в пределах 42–70 см вскрывается минеральная глеевая толща. Органогенная порода представляет собой торфяную толщу, степень разложения материала которой увеличивается с глубиной. Соответственно меняется цвет торфа – от буро-коричневого до тёмно-бурого и коричневого.

*Торфяные эуотрофные почвы* формируются в понижениях рельефа на водораздельных равнинах, речных террасах и других элементах рельефа. Грунтовые воды залегают близко от поверхности (2–2,5 м). Профиль состоит из горизонтов: ТЕ–ТТ. Верхний эуотрофно-торфяной ТЕ горизонт бурого цвета, мощностью до 50 см, со степенью разложения меньше, чем в типе почв торфяные олиготрофные, но не выше 50%. Этот горизонт подстилается хорошо разложившейся торфяной толщей (ТТ), представляющей собой органомогенную породу–торфяную залежь, залегающей глубже 50 см. Встречаются массивы, на которых в профиле описываемых почв вскрывается минеральная глеевая толща, её верхняя часть прокрашена потёчным



Рис. 13. Морфологический профиль торфяной олиготрофной почвы

органическим веществом в сизовато-серые тона с черными пятнами оксидов марганца или ржавыми пятнами оксидов железа. Нижняя часть представлена голубовато-сизым, зеленовато-голубым глеем.

*Отдел торфозёмов* объединяет почвы освоенных, обычно осушенных торфяников. Почвы имеют диагностический агрогоризонт: агроторфяный или агроторфяно-минеральный, залегающий на органогенной почвообразующей породе.

По характеру агрогоризонта выделены типы почв:

- торфозёмы;
- торфозёмы агроминеральные.

Приведём характеристику названных типов почв на примере репрезентативных разрезов, выполненных в ландшафтах Приморья.

*Торфозёмы* залегают по наиболее плоским бессточным понижениям в долинах рек Уссури, Павловка, Киевка и др. Диагностируются по наличию агроторфяного (РТ) горизонта, подстилаемого органогенной породой (ТТ). Формируются при осушении и земледельческом освоении торфяных почв.

Приводи описание разреза 94, заложенного в долине р. Уссури, угодье – сенокос после проведения мелиоративных и культуртехнических работ.

РТ (0–41 см) – мокрый, буро-коричневого цвета, хорошо разложившийся торф.

ТТ (41–70 см) - торфяный подстилающий слой, мокрый, под которым выступает черно-сизая, вязкая глина.

*Торфозёмы агроминеральные* характеризуются наличием агроторфяно-минерального горизонта (PTR), который образован из материала естественных торфяных или агроторфяного горизонтов в результате земледельческого освоения соответствующих почв с использованием длительного известкования и внесения минеральных удобрений. Поступление минерального материала в горизонт возможно и за счёт постепенного припахивания нижележащих минеральных горизонтов (ТТ).

### 2.3. Антропогенно-преобразованные почвы

Наряду с почвами естественного сложения, существует ряд антропогенно–преобразованных почв, которые испытывают сильное техногенное химическое загрязнение. Профиль их трансформирован под воздействием техногенной химической агрессии. Согласно «Классификации и диагностике почв России» (2004), они отнесены к отделам: хемозёмы и химически-преобразованные.

Почвы отдела *хемозёмы* диагностируются исключительно по химическим параметрам. При этом степень химического загрязнения (тяжёлыми металлами, углеводородами, радионуклидами и пр.), оценивается как чрезвычайно опасная по принятым нормативам. Сильное химическое загрязнение вызывает резкое изменение состава почвенных мигрантов поглощающего комплекса и влияет на состав почвенной биоты, вплоть до её частичного или полного уничтожения. Однако эти трансформации вещественного состава почв могут на протяжении длительного времени не вызывать изменение морфологического профиля и не нарушать систему генетических горизонтов. Хемозёмы разделяются на типы по виду загрязнения сохранением в названии типа (подтипа) исходной почвы. В табл. 1 приведён пример.

Таблица 1

## Антропогенно-преобразованные почвы

| Отдел: хемозёмы                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Прежде<br>не вхо-<br>дили в<br>регио-<br>нальную<br>класси-<br>фикацию | <p><i>Тип:</i><br/>Хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Ni по текстурно-метаморфической почве</p> <p><i>Подтипы:</i><br/>- Хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Ni по текстурно-метаморфической типичной почве;<br/>- Хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Ni по текстурно-метаморфической глееватой почве</p>                                                                           |
|                                                                        | <p><i>Тип:</i><br/>Хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Ni по бурозёму</p> <p><i>Подтипы:</i><br/>- Хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Ni по бурозёму типичному;<br/>- Хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Ni по бурозёму оподзоленному;<br/>- Хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Ni по бурозёму глееватому;<br/>- Хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Ni по бурозёму грубогумусному</p> |
|                                                                        | <p><i>Тип:</i><br/>Хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Ni по тёмногумусово-глеевой почве</p> <p><i>Подтипы:</i><br/>- Хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Ni по тёмногумусово-глеевой типичной почве;<br/>- Хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Ni по перегнойно-глеевой почве</p>                                                                                                    |
|                                                                        | <p><i>Тип:</i><br/>Хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Ni по гумусово-гидромета-морфической почве</p> <p><i>Подтип:</i><br/>- Хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Ni по гумусово-гидромета-морфической типичной почве</p>                                                                                                                                                           |
|                                                                        | <p><i>Тип:</i><br/>Хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Ni по абразёму структурно-метаморфическому</p> <p><i>Тип:</i></p>                                                                                                                                                                                                                                                          |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Ni по абразёму текстурно-диф-ференцированному                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|  | <p><i>Тип:</i><br/>Хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Ni по аллювиальной серо-гумусовой почве</p> <p><i>Подтипы:</i><br/>- Хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Ni по аллювиальной серо-гумусовой типичной почве;<br/>- Хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Ni по аллювиальной серо-гумусовой глееватой почве</p>                                                                                                                                          |
|  | <p><i>Тип:</i><br/>Хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Ni по аллювиальной слоистой почве</p> <p><i>Подтипы:</i><br/>- Хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Ni по аллювиальной слоистой типичной почве;<br/>- Хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Ni по аллювиальной слоистой глееватой почве</p>                                                                                                                                                            |
|  | <p><i>Тип:</i><br/>Хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Ni по торфяной олиготрофной почве</p> <p><i>Подтипы:</i><br/>- Хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Ni по торфяной олиготроф-ной типичной почве;<br/>- Хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Ni по торфяной олиготроф-ной пирогенной почве</p>                                                                                                                                                         |
|  | <p><i>Тип:</i><br/>Хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Ni по торфяной эутрофной почве</p> <p><i>Подтипы:</i><br/>- Хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Ni по торфяной эутрофной типичной почве;<br/>- Хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Ni по перегнойно-торфяной эутрофной почве;<br/>- Хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Ni по иловато-торфяной эутрофной почве;<br/>- Хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Ni по торфяной эутрофной пирогенной почве</p> |
|  | <p><i>Тип:</i><br/>Хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Ni по торфозёму</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

|  |                                                                                                                                                                                                                           |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p><i>Подтипы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Ni по торфозёму типичному;</li> <li>- Хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Ni по торфозёму минерально-торфяному</li> </ul> |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

Почвы отдела химически-преобразованные диагностируются по проявлению в профиле морфологических трансформаций, вызванных воздействием химически агрессивных веществ. Это сопровождается сильным химическим загрязнением, а часто и стратификацией техногенного субстрата. При этом существенно преобразуются генетические горизонты, могут появляться новые горизонты, а также новообразования, не свойственные данному типу почвообразования. Вновь сформированный профиль может быть отчасти подобен естественному профилю, характерному для иных природных условий. Но чаще всего профиль представляет собой почвенно-техногенное образование, не имеющее полных природных аналогов. Трансформация профиля сопровождается существенным изменением характера миграции веществ, гумусообразования, других почвенных процессов. Типы выделяются во всех стволах (ствол: постлитогенные почвы, ствол: синлитогенные почвы, ствол: органогенные почвы) на основании учёта как новообразованных, так и сохранившихся исходных почвенных горизонтов, что и отражается в названии почв. Например, битуминозный солонец по текстурно-дифференцированной почве.

#### **2.4. Техногенные поверхностные образования**

Наряду с почвами объектом почвенного картографирования являются выходящие на дневную поверхность естественные непочвенные образования – незакреплённые пески на пойменных и морских террасах (рис.14), скальные выходы на склонах увалов (рис. 15), сопки и их подножий. Однако кроме этих естественных образований, в настоящее время значительные площади в городах занимают *техногенные поверхностные образования* (ТПО). Это либо целенаправленно сконструированные почвоподобные тела, либо остаточные продукты хозяйственной деятельности, состоящие из природного или специфического новообразованного субстрата. Все эти образования, находясь на поверхности и, тем самым, функционируя в экосистеме, не являются почвами в докучаевском смысле этого понятия, поскольку в них ещё не сформировались генетические горизонты.

В отличие от почв слои ТПО не рассматриваются как генетически сопряжённые горизонты. В «Классификация и диагностика почв ...» (2004) предложена система таксономических единиц, состоящая из двух уровней: *групп* и *подгрупп*, которая нами взята за основу (табл. 2). Группы ТПО выделяются по потенциальной способности их материала к последующему

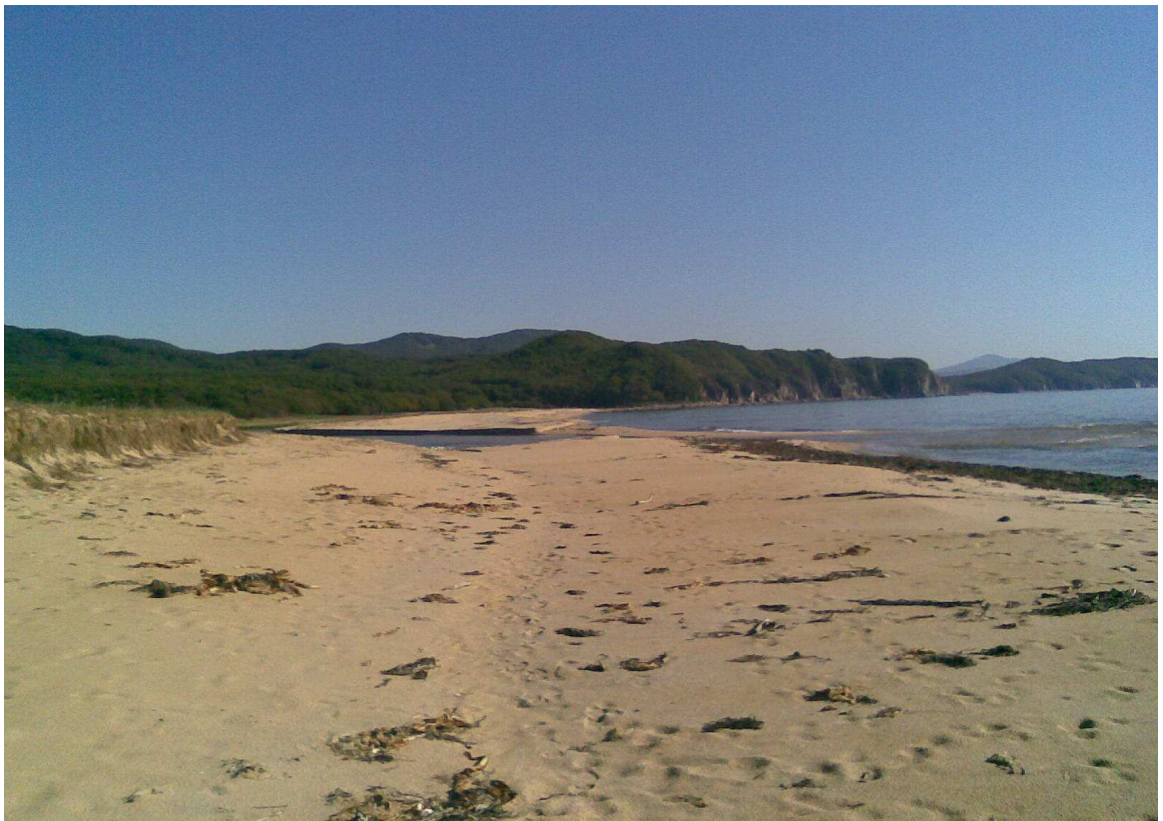


Рис. 14. Незакреплённые пески на морской террасе залива Петра Великого

хозяйственному использованию и возобновлению почвообразования при поселении растительности. Учитываются черты сходства ТПО и почвой, естественное или искусственное происхождение материала ТПО и его токсичность.

*Подгруппы* ТПО выделяются на основании вещественного состава слагающего их материала – минерального, органического, смешанного и пр. В ряде случаев учитывается залегание материала ТПО – естественное, или в виде искусственной насыпи.

#### **2.4.1. Группа: квазизёмы**

ТПО данной группы представляют собой гумусированные, внешне сходные с почвами, то есть почвоподобные образования. Состоят из одного или нескольких слоёв привнесенного гумусированного (часто материала гумусовых горизонтов) или минерально-органического материала, которые подстилаются негумусированным или менее гумусированным минеральным субстратом, культурным слоем, городским мусором и пр.

Подгруппы выделяются по наличию (или отсутствию) специфических

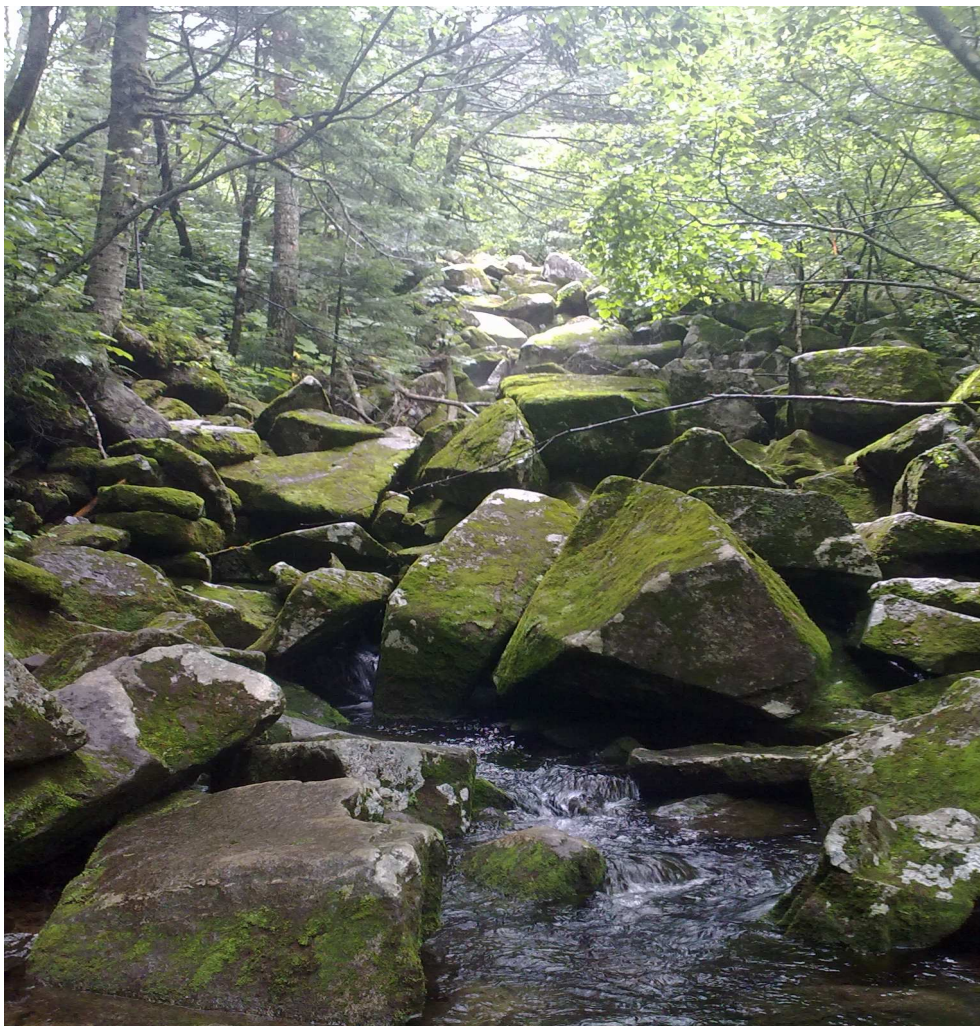


Рис. 15. Обломки скальных выходов у подножья сопки водосборного бассейна р. Седанка

«городских» артефакторов в поверхностном плодородном горизонте и подстилающей его толще.

*Подгруппа: реплантозёмы*

Представляют собой целенаправленно созданные образования (земли, культивированные главным образом под сельскохозяйственное использование), которые характеризуются залеганием гумусированного или минерально-органического плодородного слоя на предварительно подготовленной (обычно спланированной) поверхности нарушенных грунтов, в том числе насыпных.

*Подгруппа: урбиквазизёмы*

Отличаются от реплантозёмов в основном характером толщи, подстилающей гумусированный слой и состоящей из смеси минерального материала (часто с примесью органического вещества) и специфических антропогенных включений в виде остатков строительных материалов,

Таблица 2

**Группировка техногенных поверхностных образований (ТПО)**

| <b>Группа</b>  | <b>Подгруппа</b> |
|----------------|------------------|
| Квазизёмы      | Реплантозёмы     |
|                | Урбиквазизёмы    |
| Натурфабрикаты | Абралиты         |
|                | Литостраты       |
|                | Органостраты     |
|                | Органолитостраты |
| Артифабрикаты  | Артииндустраты   |
|                | Артиурбистраты   |
|                | Артифимостраты   |
| Токсифабрикаты | Токсииндустраты  |
|                | Токсифимостраты  |
|                | Токсилитостраты  |
|                | Токсиабралиты    |
|                | Токсиурбистраты  |

коммуникаций, дорожных покрытий и пр. Характерны для районов городских промышленных и селитебных новостроек.

Дальнейшее разделение реплантозёмов и урбиквазизёмов может проводиться по качественному составу и степени гомогенности (гетерогенности) поверхностного, относительно плодородного слоя, наличию в нём признаков переуплотнения, химического загрязнения, по проявлению естественного почвообразования, по литологии минерального материала и др.

**2.4.2. Группа: натурфабрикаты**

ТПО данной группы представляют собой поверхностные образования, лишённые гумусированного слоя и состоящие из минерального, органического и органо-минерального материала природного происхождения.

Подгруппы выделяются по характеру залегания субстрата и соотношению минеральной и органической составляющей его вещественного состава.

*Подгруппа: абралиты*

Данные поверхностные образования представляют собой вскрытый и не утративший своего естественного залегания минеральный материал днищ и бортов карьеров (рис. 16) и других горных выработок.

*Подгруппа: литостраты*

Насыпные минеральные грунты: отвалы вскрышных и вмещающих пород горнодобывающих и строительных предприятий, грунтовые насыпи и выравненные грунтовые площадки, создающиеся при разработке и обустройстве месторождений полезных ископаемых (рис. 17), строительстве посёлков и пр.

*Подгруппа органостраты*

Насыпной, в том числе складированный торф или иной природный органический материал.

*Подгруппа: органолитостраты*

Смешанный несортированный органоминеральный материал, представляющий собой либо искусственные смеси органического и минерального материала, либо гумусированный мелкозёмистый почвенный материал, предварительно срезанный и складированный для последующей рекультивации. Его можно использовать для создания цветочных клумб (рис. 18, приложение 1), при строительстве спортивных площадок и проч.



Рис. 16. Пугачевский каменный карьер (<http://www.pugachev-karyer.ru/gallery.php>)



Рис. 17. Литостраты отвалов Партизанской ТЭЦ

Дальнейшее подразделение подгрупп натурфабрикатов может проводиться по характеру исходного природного материала: рыхлые породы различного гранулометрического состава, щебнистые и скальные породы; по составу органогенного материала; по проявлению первичных естественных процессов почвообразования. Кроме того, насыпные материалы могут быть однослойными и многослойными, различаться по гомогенности (гетерогенности) верхнего слоя и пр.



Рис.18. Клумба на Комсомольской площади в Хабаровске (Фото И.Д. Дебелой)

#### **2.4.3. Группа: артификабаты**

ТПО этой группы состоят из искусственного насыпного нетоксичного материала, промышленного и урбаногенного происхождения, залегающего на почве или на специально подготовленных площадках с полностью нарушенными почвами.

Подгруппы выделяются по соотношению минеральной и органической составляющей слагающего материала.

*Подгруппа: артииндустраты*

Представляют собой нетоксичный материал отвалов промышленной переработки естественных материалов: шлаки, зола и пр. (рис. 19).

*Подгруппа: артиурбистраты*

Представляют собой бытовые отходы городских свалок. (рис. 20).

*Подгруппа: артифимостраты*

Состоят из жидких, полужидких и твёрдых органических материалов городских фекальных стоков («поля орошения»), навозно-жижевых стоков животноводческих ферм, отходов деревообрабатывающей промышленности импр.

#### **2.4.4. Группа: токсифабрикаты**

В отличие от артификабатов, эти ТПО состоят из токсичных химически активных материалов, на которых без специальных дезактивационных мероприятий долгое время невозможно выращивание сельскохозяйственных



Рис. 19. Отвалы из шлаков



Рис. 20 . Городские свалки с бытовыми отходами

и лесных культур, а также возобновление естественной растительности. Это материалы шламо- и хвостохранилищ токсичных отходов некоторых промышленных предприятий, отвалов вскрышных пород различных месторождений, вязкие нефтепродукты, ядовитые городские отходы, незакрытые отвалы ядохимикатов и минеральных удобрений и пр.

В пределах группы токсифабрикатов выделяются *подгруппы*, отличающиеся друг от друга токсичностью слагающего их материала:

- токсиабралиты
- токсилитостраты
- токсииндустраты
- токсиурбистраты
- токсифимостраты.

### 3. НЕГАТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ

#### 3.1. Влияние неблагоприятных процессов на почвенный покров города

Неблагоприятные экологические процессы существенно затрудняют (препятствуют) выполнению городскими почвами заданных им экологических функций (Почва, город, экология, 1997).

Городская территория представляет собой многообразие земель, имеющих различное происхождение, возраст, функции, назначение и разную устойчивость к воздействию одних и тех же факторов. Значительная часть территории современных городов находится в зоне действия негативных процессов, влияющих на экологическое состояние почвенного покрова и функции почв (рис. 21). По прогнозным оценкам экологов эти воздействия будут усиливаться.

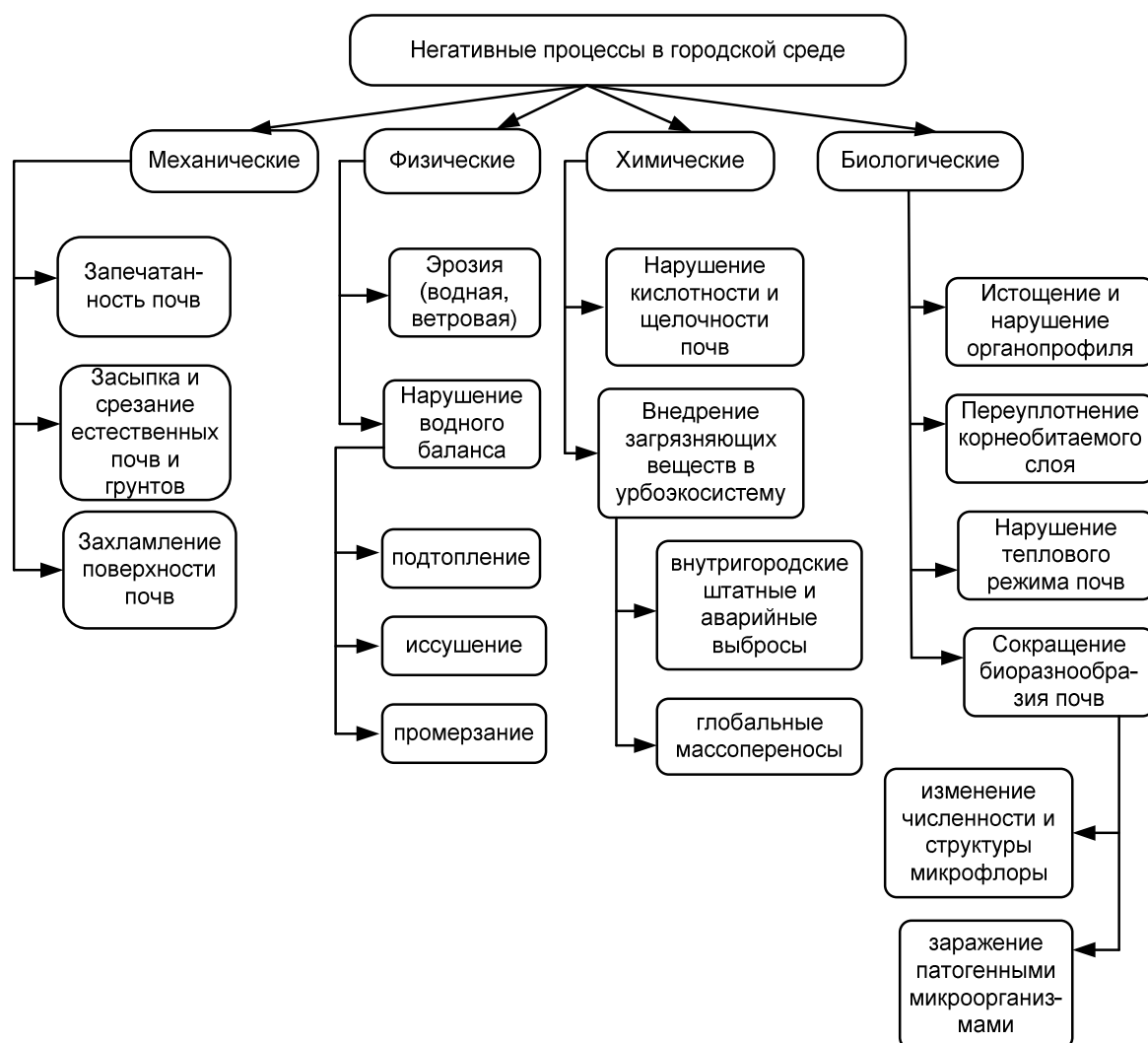


Рис. 21. Негативные процессы в городской среде и их следствия

Состав, скорость и свойства геохимических процессов, происходящих в городских ландшафтах, отличаются от процессов в естественных условиях. В природных ландшафтах эволюция протекает медленно, и экосистема постепенно успевает к ним приспособиться и перестроиться. Городские системы принципиально отличаются от природных тем, что они подвергаются аварийным катастрофическим воздействиям, что часто приводит к гибели самой системы (Осипов, 1994). Влияние неблагоприятных процессов, происходящих в почвенной толще на разных категориях земель, сказывается не только на данной территории, но и на окружающих почвенно-геохимических ландшафтах.

### **3.1.1. Механические (градостроительные) неблагоприятные процессы**

#### **3.1.1.1. Запечатывание почвы**

В крупных городах России запечатывание почв асфальтом и другими дорожными покрытиями (рис. 22) достигает значительных масштабов.



Рис. 22. Запечатанные почвы в городе Хабаровске

Так, например, в Москве запечатанность почвы в пределах Садового кольца составляет 90-95 %, в промышленных зонах – до 80 %, в жилых кварталах – 60 % (Безуглова, Горбов, 2003). Асфальтобетонные покрытия оказывают двоякое действие. С одной стороны, это предельно грубое

вмешательство в жизнь почвенного покрова, однако нередко сама почва остается ненарушенной. В этом случае запечатанные почвы представляют собой антропогенные модели, отражающие влияние времени на функционирование системы гумусовых веществ (там же). Как правило, в результате запечатывания практически прекращается привнос в почву свежего органического вещества, современные процессы гумификации затухают и, как следствие, отсутствует обновление гумусовых веществ. Поэтому уменьшение гумусированности – характерная черта этих почв. Распределение углерода по профилю почв носит волнообразный характер. Кроме того, нарушается водный баланс, экосистема лишается универсального фильтра, каким является почва, изменяется характер теплообмена почвы с атмосферой, формируются «острова тепла» на территории города (Будрейко, 2009).

С другой стороны, покрытия защищают почву от химических загрязнений, которые, минуя почвенное тело, поступают через канализацию в водоёмы и речную сеть. Запечатанность почвенного покрова земель общего пользования часто наиболее целесообразна для эффективного ухода за санитарным состоянием городской территории. Однако при выборе покрытия желательно пользоваться нетоксичными и неводопроницаемыми материалами, способствующими полноценному смыву токсичных веществ в отстойники с последующим их очищением. В некоторых случаях запечатывание участков будет оптимальным решением для предотвращения экологически неблагоприятных последствий.

Альтернативой запечатанности почв при организации автомобильных стоянок и парковок могут стать экопарковки на основе газонных решеток ТТЕ (Германия) (рис. 23). Решетки ТТЕ не препятствуют аккумулярованию воды, образованию грунтовых вод и испарению. Размеры ячеек оптимальны для стабильного развития корневой системы. Такие экопарковки могут служить десятки лет, так как они не подвержены разложению и экологически безопасны.

Норматива для определения стандарта запечатанности в настоящее время не разработано, он определяется по степени озелененности в  $\text{м}^2$  на 1 человека с учетом категории земель. Ориентировочной оптимальной величиной принято считать 20-24  $\text{м}^2$  озелененной площади общего пользования на 1 жителя. В настоящее время принята следующая характеристика степени озелененности (Методические..., 2003):

- норма –  $> 20\text{-}24 \text{ м}^2/\text{чел.}$ ;
- незначительно ниже нормы –  $16\text{-}20 \text{ м}^2/\text{чел.}$ ;
- ниже нормы –  $12\text{-}16 \text{ м}^2/\text{чел.}$ ;
- существенно ниже нормы –  $8\text{-}12 \text{ м}^2/\text{чел.}$ ;
- практически не озеленена –  $4\text{-}8 \text{ м}^2/\text{чел.}$ ;
- озеленение отсутствует – озелененность менее  $4 \text{ м}^2/\text{чел.}$



Рис. 23. Экопарковки (<http://www.eco-parkovka.ru/solutions/view/13>)

#### **3.1.1.2. Засыпка и срезание естественных почв и грунтов**

Перепрофилирование поверхности города связано с необходимостью ее выравнивания и получения оптимальных уклонов дорог и площадей. Значительный возраст городов, располагающихся большей частью на расчлененном рельефе вдоль русел рек, привел к образованию мощного чехла техногенного слоя, который включает культурный слой и слои строительной засыпки грунта на пониженных участках, засыпки оврагов и русел малых рек. В городе происходит также срезание поверхностного плаща, в результате чего на поверхность выходят подстилающие грунты.

Мощность слоя строительной засыпки колеблется от 3 до 15 м, а общая мощность техногенного слоя может достигать 20 и более м. В связи с тем, что техногенные грунты дают большие усадки под влиянием статических и динамических нагрузок (особенно при подтоплении) происходит деформация и нарушение дневной поверхности. Это приводит к изменению водного и теплового режимов, к деградации гумусного слоя почвы (Почва, город, экология, 1997).

#### **3.1.1.3. Захламление поверхности почвы**

Захламление – это поступление строительных, производственных и бытовых отходов на поверхность почвы (рис. 24). Это явление особенно распространено на резервных неосвоенных землях, на пустырях и свалках. Захламление физически отчуждает поверхность почвы из биокруговорота.



Рис. 24. Захламление почв в Железнодорожном районе г. Хабаровска

Отходы могут оказывать как механическое (захламление), так и геохимическое воздействие в результате разложения и выщелачивания токсичных веществ, что является серьезным источником загрязнения почвы, атмосферы и грунтовых вод на окружающих территориях. Наличие на поверхности почвы больших количеств щебнисто-каменистых материалов и бытовых отходов приводит к уменьшению полезной площади городских земель, биопродуктивности оставшейся незахламленной части поверхности. Захламленная часть почвы практически не обладает плодородием и не продуктивна (Классификация ..., 1977; Строганова, 1992).

При характеристике захламленности поверхности почв выделяют следующие градации (Методические..., 2003):

- незахламлена (площадь захламленных участков менее 10%, токсичные вещества отсутствуют);
- слабо захламлена (захламлено 10-25 % площади, токсичные вещества отсутствуют);
- средне захламлена (захламлено 25-50 % площади, токсичные вещества отсутствуют);
- сильно захламлена (захламлена любая часть поверхности, но в хламе присутствуют токсичные вещества, которые могут попасть в окружающую среду, или захламлено 50-75 % площади, токсичные вещества отсутствуют);
- очень захламлена (захламлена вся территория, присутствуют токсичные вещества).

Современное строительство является мощным фактором загрязнения поверхности почв и грунтов. По объему твердых отходов в виде остатков стройматериалов и разрабатываемых грунтов, оно занимает второе место

среди загрязнителей окружающей среды города. Обнаружено большое количество тяжелых металлов в красках окрашенных кирпичей, осыпавшейся штукатурки и других покрытий. Так, цинка в них оказалось в 15-60 раз больше фонового содержания элемента в почве, свинца – 20-35 раз, меди – 6-10, хрома – 5-10, кадмия – 10-15 раз. При захоронении в почву пластмассы увеличивается содержание кадмия, керамики – цинка, хрома, меди, бумаги – цинка, свинца, кадмия и хрома (Методические..., 2003).

В Москве, например, ежегодно образуется около 2,3 млн. т твердых бытовых отходов и 3,6 млн. т промышленных отходов. Их количество увеличивается в год на 3,1 %. Экологическое обследование территорий свалок показывает значительное загрязнение всех природных сред вокруг них (Методические..., 2003). Обычной практикой является сжигание на месте части отходов (возможно и токсичных), часть из них закапывают в грунт, что загрязняет почву и воду на многие десятки лет.

### **3.1.2. Физические неблагоприятные процессы**

#### **3.1.2.1. Эрозия почв**

В результате инженерно-строительной деятельности человека в городских условиях усиливается эрозия почвенного покрова. Эрозия почв – это последствие целого ряда процессов, связанных с нерациональной планировкой и функциональной организацией городской среды, она занимает одно из ведущих мест, как по площади распространения, так и по ущербу, наносимому городу.

Иссушение земель, обогащенных токсичными пылеватыми почвенными частицами, усиливает ветровую эрозию. Дефляции и выдуванию в большей степени подвергаются неосвоенные территории, пустыри, свалки, карьеры из-за плохого состояния растительности, слабой задернованности и высокой запыленности территории.

Эрозия на участках жилой застройки главным образом проявляется на незапечатанных и незастроенных землях. При отсутствии хорошо организованного поверхностного и ливневого стоков на незадернованных участках с углами наклона более 1,0-1,5° происходит смыв верхних гумусовых горизонтов почв и сбор загрязненных и заиленных водных потоков в аккумулятивных пониженных ландшафтах, что приводит к нарушению водного режима и подтоплению подвалов жилых домов.

Земли общего пользования, являющиеся зонами повышенного химического и пылевого загрязнения, в настоящее время имеют плохо действующие сети сбора ливневых потоков и в большей части не задернованы. При малейшем проявлении водной и ветровой эрозии происходит разрушение поверхностных горизонтов и вынос токсичного материала в близлежащие жилые зоны и зеленые массивы. Резервные неосвоенные территории, пустыри, свалки, карьеры и т. д. очень различны по

устойчивости к процессам эрозии. Наиболее опасны последствия проявления эрозии на свалках с токсичными веществами, на незакрепленных землях и на неозелененных пустырях с нарушенным почвенным покровом, таких, как территории водоохраных зон, земель вокруг оврагов и балок, имеющие склоны с большими углами наклона (больше 3-5°) (Почва, город, экология, 1997).

### **3.1.2.2. Нарушение водного баланса**

#### ***а) подтопление***

Характерным примером природно-техногенных негативных процессов на городских землях служит подтопление, то есть повышение уровня грунтовых вод сверх его критической глубины залегания (как правило, 3,0-5,0 м), приводящее к нарушению хозяйственной деятельности на данной территории. В городах России подтопление стало особенно активно развиваться с 1950-х годов, ему подвержено до 70 % российских городов (Астрахань, Волгоград, Нижний Новгород, Хабаровск) (Методические..., 2003). Основные причины подтопления – утечки водонесущих коммуникаций (водопроводных и канализационных систем), фильтрации из водных объектов и строительных котлованов, поливы зеленых насаждений и асфальта, перераспределение снега при таянии и очистке улиц, ухудшение естественной дренированности территории вследствие уплотнения грунтов и выравнивания рельефа путем засыпки овражно-балочной сети, долин малых рек и ручьев и создания искусственных водосборов.

Результатом подтопления является формирование оползней и оплывин на склонах, нарушение органофила почвы и появление процессов оглеения в почвенном профиле, изменение химического состава подземных вод и показателей прочности грунтов.

Воздействие процесса подтопления на разных категориях земель различается в зависимости от нахождения объекта на той или иной геоморфологической поверхности (водораздел, склон, терраса, пойма) и от литологического состава грунтов (пески, глины и суглинки). Процесс подтопления протекает с разной интенсивностью и по-разному влияет на сопряженные почвенно-геохимические ландшафты.

Подтопление в районе жилой застройки связано с затоплением подвальных помещений, с сыростью и разрушением домов. Для растительности это явление приводит к смене мезофитных фитоценозов на гигрофитные, для почвы – к изменению или ухудшению водопроницаемости почвенного профиля, что способствует уменьшению ее продуктивности и ухудшению экологических функций.

Подтопление земель промышленных зон, территории складов, автохозяйств, автомагистралей, аэропортов, железных дорог и т. д. вызывает тяжелые отрицательные последствия. Для природных сред следствием этого

является распространение химического и других типов загрязнений больших ареалов почвенно-грунтовых вод, увеличения их агрессивности что, соответственно, приводит к деградации почвенно-растительных свойств, как самих территорий, так и прилегающих к ним земель, коррозии металлов и бетона, деформации коммуникаций и фундаментов. При максимальном проявлении этого процесса на участках с токсичными веществами может сложиться чрезвычайная экологическая ситуация.

Лесопарки и парки менее подвержены последствиям подтопления благодаря способности биоценозов к самосохранению, механизмам адаптации, сопротивляемости и регулированию водного режима. Эти механизмы перестают работать при катастрофическом повышении уровня грунтовых вод, в этом случае биоценоз перестраивает свою структуру и состав или погибает (Почва, город, экология, 1997).

Изменение уровня грунтовых вод часто стимулирует карстово-суффозионные процессы, проявляющиеся на поверхности в виде западин, трещин, воронок. Они приводят к опаснейшим и трудно прогнозируемым явлениям, наносящим немалый ущерб городу: образованию глубоких провалов, ям и неравномерному оседанию отдельных участков поверхности земли, провоцируя деформации зданий и сооружений и ускоряя разрушение коммуникаций (Методические..., 2003).

#### *б) иссушение*

Иссушение почвенного покрова городских территорий обусловлено особенностями теплового баланса каменных поверхностей и неблагоприятными гидрогеологическими условиями (карст, карьеры, выработки, прокладка шоссейных дорог и коммуникаций), что ведет к нарушению естественных поверхностных и внутрипочвенных водных потоков.

Деградация зеленых насаждений вокруг домов вследствие достижения пороговых значений содержания воды в почве, соответствующей влажности завядания, приводит к их гибели. Соответственно увеличиваются открытые незадернованные и не озелененные поверхности, подверженные ветровой эрозии.

Результаты инфракрасного теплового аэромониторинга городских территорий в летний и зимний периоды показали, что области тепловых аномалий (превышение температуры более чем на 10 °С) приурочены к промышленным объектам, подземным коммуникациям и к интенсивным утечкам из подземных водонесущих коммуникаций. Тепловые аномалии увеличивают вегетационный период, ускоряют сход снежного покрова и изменяют тепловой режим почв. Тепловое загрязнение создается при сплошной застройки территории, покрытии асфальтом или бетоном открытой поверхности. При повышенном прогревании почвенно-грунтовой

толщи происходит ее пересушивание, что приводит к изменению ее физико-механических свойств (Почва, город, экология, 1997).

#### *в) промерзание*

Морозное пучение один из неблагоприятных факторов, которое наблюдается на территориях, где происходит зимнее промерзание грунта или распространена многолетняя мерзлота пород, то есть практически на всей территории России. Глубина промерзания зависит от типа грунта и климатических условий в городе и изменяется от 60 см (Ставрополь – глины и суглинки) до 264 см (Воркута – пески и супеси). В городах в зоне глубокого промерзания наблюдается поднятие поверхности (пучение) на высоту до 2-3 м, в зоне сезонного промерзания до 1 м. Следствием пучений и просадок оказывается деформация зданий, полотна дорог, нарушение почвенного профиля (особенно вблизи фундаментов и свай). В местах, где почвообразующие породы представлены моренами и аллювиальными отложениями, возможно выпирание грубообломочного материала на поверхность, что приводит к увеличению каменистости верхних горизонтов почв. Почвы, в которых происходит промерзание, подвергаются проявлению солифлюкционных процессов (оплывание верхнего горизонта почв вниз по склону).

Из-за уборки опавших листьев осенью и снега зимой городские почвы сильно выхолаживаются и глубоко промерзают – нередко до минус 10-15 °С. Выявлено, что годовой перепад температур в корнеобитаемом слое городских почв достигает 40-50 °С, в то время как в естественных условиях (для средних широт) он не превышает 20-25 °С.

### **3.1.3. Биологические неблагоприятные процессы**

#### **3.1.3.1. Истощение и нарушение органопрофиля, переуплотнение корнеобитаемого слоя**

Истощение и нарушение органопрофиля в районе городской застройки происходит на территории жилых дворов и газонов, в том числе на территории больниц, детских, учебных и научных учреждений. Оно вызвано нарушением поверхностных горизонтов в результате вытаптывания, перепланировки и захламления территории, эрозии почв, деградации растительности, химического загрязнения водными и воздушными потоками и, как правило, отсутствием систематического ухода за территорией.

Нарушение продуктивного органического слоя приводит к ухудшению санитарно-гигиенических, лесорастительных условий, снижению степени устойчивости почв и способности их к самоочищению, нарушению емкости круговорота, сокращению биоразнообразия. Менее подвержены деградации почвенного органопрофиля лесопарки и парки.

Экологические функции городских почв ослаблены не только из-за сильного загрязнения (почвенный покров перестает быть фильтрационным

барьером), но и из-за уплотнения, затрудняющего газообмен в системе почва-атмосфера и приводящего к появлению микропарникового эффекта под плотной (утоптанной) поверхностной коркой почвы. В жаркие летние дни асфальтовые покрытия, нагреваясь, отдают тепло не только приземному слою воздуха, но и в глубь 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 самые настоящие горячие горизонты, в которых сосредоточены живые окончания корней растений. Таким образом, для уличных растений создается необычная тепловая ситуация: температура подземных органов у них выше, чем надземных. Переуплотнение почв в районе жилой застройки – широко распространенное явление, приводящее к изменениям водно-воздушного режима корнеобитаемого слоя и ухудшению плодородия почв. При переуплотненной почве (особенно корнеобитаемого слоя) происходит гибель многих видов растений, разрушается дернина, изменяется поверхностный сток, что приводит к деградации экосистемы или ослаблению ее рекреационной ценности.

### **3.1.3.2. Сокращение биоразнообразия почвенных организмов**

В результате снижения плодородия городских почв происходит сокращение биологического разнообразия урбанизированных почв. Снижение плодородия обусловлено загрязнением почв токсикантами; регулярной уборкой растительных остатков и скашиванием газонов; обеднением почвенной микрофлоры. В городе происходит резкое обеднение всех компонентов биоты, широко распространенных в природных экосистемах. Изменяется состав, численность и структура макробиоты, мезобиоты и микробиоты в сторону уменьшения численности, упрощения структуры сообществ, ослабления их продукционных способностей, что приводит к потере внутрпочвенной биомассы. Почти нет в почвах городов таких полезных и постоянных членов почвенного населения, как дождевые черви. Нередко городские почвы стерильны почти до метровой глубины.

Для здоровья населения первостепенное значение имеет отсутствие патогенных микроорганизмов. Это оказывает непосредственное влияние на санитарно-эпидемиологическое состояние городской территории. Однако заражение населения может происходить не только через почву, но и воздух и воду.

На землях общего пользования, промышленных зон, территориях ТЭЦ, складов, автохозяйств, автомагистралей, аэропортов, железных дорог и др. происходит повсеместное сокращение биоразнообразия как высших, так и низших форм жизни. В то же время при загрязнении химическими веществами и биологическими компонентами может происходить заражение чужеродными почвенными микроорганизмами и появление патогенных видов. Эти процессы наиболее опасны для сопредельных территорий, на

которые патогенные микробы проникают с поверхностными стоками и воздухом. Особенно страдают экосистемы аквальных и полуаквальных ландшафтов.

### **3.1.4. Химические неблагоприятные процессы**

#### **3.1.4.1. Внедрение загрязняющих веществ в урбоэкосистему**

Распространение загрязняющих веществ в районах жилой застройки происходит как в виде штатных и аварийных выбросов, так и глобального массопереноса. Загрязнение почв в селитебной зоне города коррелирует с высоким загрязнением воздуха и водной среды, а также имеет прямую связь, с состоянием растительности. Все это определяет здоровье населения. Большинство выбросов в городскую среду сосредотачивается на поверхности почвы, где происходит их постепенное депонирование. При максимальном проявлении процесса химического загрязнения почва теряет способность к биопродуктивности и самоочищению. Происходит гибель или деградация урбоэкосистемы.

Горизонтальная структура городских ландшафтов, подвергающихся воздействию выбросов в атмосферу, сбросу жидких и твердых отходов промышленных предприятий на участках, примыкающих к промышленным площадкам, как правило, слабо нарушается. При этом кардинально изменяется растительный и животный мир, почвенный покров, продуктивность урбоэкосистем.

Распределение загрязнителей по поверхности почв зависит от особенностей источников загрязнения, метеорологических особенностей, геохимических факторов, форм рельефа. Степень проявления процесса загрязнения определяется как отношение содержания загрязняющего вещества в почве к величине ПДК или другой нормативной величине. При максимальном проявлении процесса химического загрязнения почва теряет способность к биопродуктивности и самоочищению, изменяется состав, структура и численность микрофлоры и мезофауны.

Химическое загрязнение тяжелыми металлами рассчитывается по суммарному показателю концентрации (СПК) выше ПДК. Ориентировочные фоновые показатели для некоторых тяжелых металлов приведены в табл. 3 (Методические..., 2003).

Необходимо предотвращение загрязнения всех природных сред, включая почву. При высокой степени её загрязнения поверхностный слой должен быть снят и заменен чистой плодородной смесью. Проблема очищения почвы и всех природных сред взаимосвязана с общей экологической обстановкой в городе.

Таблица 3

**Фоновые содержания валовых форм тяжелых металлов и мышьяка (ориентировочные значения для средней полосы России) в почвах, мг/кг\***

| Почвы                                       | Zn | Cd   | Pb | Hg   | C <sub>u</sub> | Co | Ni | As  |
|---------------------------------------------|----|------|----|------|----------------|----|----|-----|
| Дерново-подзолистые и песчаные супесчаные   | 28 | 0,05 | 6  | 0,05 | 8              | 3  | 6  | 1,5 |
| Дерново-подзолистые и суглинистые глинистые | 45 | 0,12 | 15 | 0,1  | 15             | 10 | 20 | 2,2 |

\* В соответствии с СП 11-102-97.

Оценка уровня химического загрязнения почвы проводится в соответствии с СанПиН 2.1.7.1287-03 (табл. 4).

Таблица 4

#### Оценка уровня химического загрязнения почвы

| Суммарный показатель загрязнения (Z <sub>c</sub> ) | Содержание в почве      |                                    |                         |                                    |                     |
|----------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|---------------------|
|                                                    | I класс опасности       |                                    | II класс опасности      |                                    | III класс опасности |
|                                                    | Органические соединения | Неорганические соединения          | Органические соединения | Неорганические соединения          |                     |
| –                                                  | до ПДК                  | от фона до ПДК (ОДК)               | от фона до ПДК          | от фона до ПДК (ОДК)               | до ПДК              |
| < 16                                               | от 1 до 2 ПДК           | от 2 фоновых значений до ПДК (ОДК) | от 1 до 2 ПДК           | от 2 фоновых значений до ПДК (ОДК) | от 1 до 2 ПДК       |
| 16-32                                              | –                       | –                                  | –                       | –                                  | от 2 до 5 ПДК       |
| 32-128                                             | от 2 до 5 ПДК           | от ПДК (ОДК) до K <sub>max</sub>   | от 2 до 5 ПДК           | от ПДК до K <sub>max</sub>         | >5ПДК               |
| > 128                                              | >5ПДК                   | > K <sub>max</sub>                 | >5ПДК                   | > K <sub>max</sub>                 | –                   |

Загрязнение токсическими веществами земель общего пользования – широко распространенное явление, как по территории, так и по интенсивности и составу токсикантов. На этих территориях происходят, как правило, штатные выбросы загрязняющих веществ. Наряду с этим велика вероятность и аварийных выбросов токсических веществ (как водных, так и воздушных). Часть из них закрепляется в почвенном профиле, другая часть может мигрировать через почвенно-грунтовые воды в речную сеть. Через пылевые частицы вещества также попадают в воздушную среду. Степень воздействия на окружающие территории может вызвать катастрофические последствия для городской растительности и почвы, а главное для здоровья

человека и его генофонда. В этом случае необходима химическая и агротехнологическая мелиорация.

Сельскохозяйственные земли, находящиеся в черте города, также подвержены загрязнению, как вследствие неправильных агротехнических мероприятий, так и глобальных массопереносов загрязняющих веществ. Загрязнение вызывает гибель биоты. Доступность токсических веществ в растворенной форме ведет к накоплению токсикантов в разных частях культурного растения. Потребление зараженных частей растений в трофической цепи «растение – человек» и «растение – животное – человек» приводит к заболеванию человека. Необходимо по возможности выведение этих земель из сельскохозяйственного использования и их переориентация.

Пустыри, свалки и карьеры наиболее подвержены многим видам химического загрязнения. Опасность загрязнения проявляется и при выводе этих земель в другие категории. Загрязнение с этих территорий через почву водным и воздушным путем способно распространяться на сопряженные территории. При освоении этих земель почва должна saniроваться и подвергаться химической и агротехнологической мелиорации, а в исключительных случаях вывозиться за пределы города и складироваться для проведения обеззараживания.

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:

- антропогенных (жилье, асфальтовое покрытие дорог, медицинские процедуры);
- техногенных (наиболее опасных) – промышленные и оборонные предприятия, научно-исследовательские институты, медицинские учреждения;
- вторичных источников радиоактивного загрязнения (мест захоронения отходов, приборов, побочных продуктов).

Только в Москве насчитывается более полутора тысяч предприятий, использующих для своих нужд радиоактивные вещества (Методические..., 2003). Ежегодно на территории города образуются несколько десятков новых участков радиоактивного загрязнения.

Основные последствия радиационного воздействия – рост заболеваемости и смертности населения, а также болезни, мутации и гибель живых организмов, в том числе и почвенных.

#### **3.1.4.2. Нарушения кислотности и щелочности почв**

Подкисление и подщелачивание почв – процесс изменения кислотно-щелочной реакции почвы, нарушение (изменение) почвенно-геохимических

процессов, ведущих к понижению устойчивости экосистемы и гибели растительности.

Изменение реакции почвы в районах жилой застройки имеет негативное воздействие на почвенную биоту и растения. Почва, обладая буферностью, в пределах небольших изменений реакции среды не испытывает негативных последствий. При изменении реакции почвы, как в сторону подкисления, так и подщелачивания и длительности воздействия процесса в зависимости от гумусного состояния происходит деградация почвы и изменение ее свойств (нарушение структуры, изменение элементного состава и физико-химических свойств). В селитебных старых районах (центр Москвы) большинство почв имеют щелочную среду и обогащены карбонатами кальция (Методика...., 2003). Подкисление встречается в районе распространения флювиогляциальных отложений с малогумусными почвами, в которых наблюдается низкая величина поглотительной способности и емкость катионного обмена.

Подкисление и подщелачивание земель общего пользования, промышленных зон, складов, автохозяйств, автомагистралей имеет локальное распространение и зависит от местных источников загрязнения. На фоне общих негативных процессов почвы, благодаря своей буферности, мало страдают от слабых форм подкисления и подщелачивания. Почвы лесопарков и парков, кроме почв бульваров и скверов центров городов, имеют кислую реакцию среды, что для этих почв является нормой.

Кроме вышеперечисленных негативных процессов в городе действуют и другие явления, которые мало изучены. Так, например, существуют биогеохимически опасные процессы и явления, вызванные техногенными полями промышленных городов – тепловыми, электромагнитными, химическими. «Электромагнитный смог» прямо воздействует на здоровье и на наследственный аппарат человека. Блуждающие токи, нагрев, увлажнение и засоление почвы и грунта резко ускоряют течение химических и биохимических реакций в почве, подвижность железа и алюминия.

В техногенных геохимических полях, возникающих в поверхностных слоях, в том числе в почвенном профиле, ускоряются вредные для человека мутации микроорганизмов. По оценке Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), за последние 30 лет таким путем появилось около 20 новых вирусных инфекций. Влияние этих полей на процессы и свойства почв мало изучены в настоящее время.

### **3.2. Оценка воздействия неблагоприятных процессов и рекомендации по их устранению**

Сохранение, восстановление и улучшение городской среды требует проведения комплекса экозащитных мер. При планировании и осуществлении градостроительной деятельности должны предусматриваться

меры по охране почв, включающие:

- оптимальную (экономичную) планировку и застройку городской территории с учетом максимального сохранения открытого почвенного покрова;
- проведение работ по благоустройству территории, включая подготовку к застройке, с учетом действующих нормативных документов;
- постоянное проведение противоэрозионных мероприятий;
- снятие плодородного слоя почвы при проведении строительных работ с последующим его рациональным использованием;
- проведение оценки комплексного воздействия на почвы и организация мониторинга состояния почв;
- предотвращение и устранение захламления почвенного покрова отходами хозяйственной деятельности;
- максимально возможное сохранение и улучшение естественных свойств почв.

Детализация комплекса мероприятий по снижению негативных последствий на почвы в условиях урбанизированной среды представлена в таблице 5.

Перспективным направлением защиты и очистки городских почв является использование биологических методов (Трофименко, 2001). Трансформация химических соединений в почвенной среде определяется комплексом физических, химических и биологических факторов. Деградация ксенобиотиков в результате физических и химических процессов существенно зависит от типа почвы, ее структуры, влажности, температуры и др. Биологическая трансформация соединений, попавших в окружающую среду, может протекать в различных направлениях, приводя к минерализации, накоплению или полимеризации. Биологическая деградация ксенобиотиков оправдана только тогда, когда происходит их полная минерализация, разрушение и детоксикация (Волова, 1997). В природных условиях на ксенобиотики воздействуют микробные сообщества, возможности которых в отношении деградации многих токсичных соединений значительны. В целом биологическую очистку, т.е. удаление загрязнителей посредством стимуляции деятельности биоты в почвах,

Таблица 5

**Комплекс мероприятий по снижению негативных последствий на почве в условиях городской среды (по данным Методические..., 2000 с дополнениями)**

| Негативные процессы                             | Категории земель                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                 | Селитебные территории                                                                                                                                                                                                                                               | Промышленные территории                                                                                                                                                                                                                                          | Природоохранные, рекреационные территории                                                                                                                       |
| 1                                               | 2                                                                                                                                                                                                                                                                   | 3                                                                                                                                                                                                                                                                | 4                                                                                                                                                               |
| Физические                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                 |
| 1. Эрозия<br>а) водная (линейная и плоскостная) | Засыпка эрозионных форм, отвод поверхностного стока, задернение и облесение. Исправное твердое покрытие.                                                                                                                                                            | Отвод поверхностного стока, задержание и облесение, при сложном рельефе - террасирование.                                                                                                                                                                        | Сохранение лесных и травянистых экосистем, организация тропиночно-дорожной сети, сохранение дернины и лесной подстилки, формирование лесных опушек и лесополос. |
| б) ветровая (дефляция и выдувание)              | Задержание, поливы газонов и дорог.                                                                                                                                                                                                                                 | Задержание, поливы газонов и дорог, закрытое хранение сыпучих материалов.                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                 |
| 2. Нарушение водного баланса: а) подтопление    | Дренажные работы по снижению уровня грунтовых вод. Расположение зданий и сооружений вдоль линии тренда поверхностного и подземного стока. Организация и ускорение стока атмосферных осадков и поверхностных вод. Предупреждение утечек из водонесущих коммуникаций. | Осушение, отвод поверхностного стока с территории. Искусственное повышение планировочных отметок земной поверхности. Предупреждение утечек из водонесущих коммуникаций. Сооружение перехватывающих дренажей, противодиффузионных завес и защитной гидроизоляции. | Осушительная мелиорация, вертикальный и горизонтальный дренаж, подбор влаголюбивых растений.                                                                    |

| Негативные процессы                                                      | Категории земель                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                          | Селитебные территории                                                                                                                                                                                                       | Промышленные территории                                                                                                                                                                                    | Природоохранн<br>ые, рекреационные территории                                                                                                              |
| б) осушение                                                              | Поливы в период вегетации растений.                                                                                                                                                                                         | Поливы насаждений и мытье дорог.                                                                                                                                                                           | Поливы, подбор засухоустойчивых культур.                                                                                                                   |
| 3.<br>Захламление и переуплотнение                                       | Ликвидация свалок, планирование пешеходно-дорожной сети, рыхление почвы и травосеяние.                                                                                                                                      | Организованный вывоз с территории предприятий отходов, планировка и задержание незастроенных участков, рыхление.                                                                                           | Планировочные мероприятия по сохранению природных функций территории, организация системы хозяйствования.                                                  |
| Биологические                                                            |                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                            |
| 4.<br>Истощение и нарушение органофилия                                  | Внесение органоминеральных удобрений, выбор и подсев трав, рыхление поверхностных горизонтов, поливы.                                                                                                                       | Внесение удобрений, рыхление, полив, при допустимом уровне химического загрязнения подсыпка гумусных горизонтов. Снятие, хранение и использование при рекультивации плодородного слоя.                     | Исключение вытаптывания, захламления, эрозии и химического загрязнения, поддержание биоразнообразия, сохранение лесной подстилки.                          |
| 5.<br>Сокращение биоразнообразия, заражение патогенными микроорганизмами | Поддержание экосистемы в жизнеспособном состоянии: внесение органоминеральных удобрений, поливы, рыхление.                                                                                                                  | Сбор и удаление поверхностных стоков и их очистка.                                                                                                                                                         | Создание и поддержание многофункциональной и многокомпонентной структуры экосистемы.                                                                       |
| Химические                                                               |                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                            |
| 6.<br>Загрязнение тяжелыми металлами, токсикантами                       | Вынесение источников загрязнения за пределы жилой зоны, отвод и очистка стоков. Развитие и реализация технологий санации загрязненных почв. Разработка и внедрение современных методов восстановления деградированных почв. | Изоляция загрязненных территорий буферными зелеными зонами. Технологическая мелиорация открытых пространств. Очистка дорог, территорий промзон. Создание производства почвогрунтов для замены загрязненных | Вывод источников загрязнения за пределы территории, создание буферной зеленой зоны, агролесотехническая мелиорация, подбор устойчивых лесных и травянистых |

|                                                |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                             |
|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
|                                                | Предотвращение захламления почв несанкционированным и свалками отходов.                                                                                   | почв. Реализация технологий санации загрязненных почв. Разработка и внедрение методов восстановления деградированных почв. Предотвращение захламления почв несанкционированными свалками отходов.                                                                                                     | растений.                                                                   |
| Негативные процессы                            | Категории земель                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                             |
|                                                | Селитебные территории                                                                                                                                     | Промышленные территории                                                                                                                                                                                                                                                                               | Природоохранн<br>ые, рекреационные территории                               |
| 7. Подкисление или подщелачивани<br>е почв     | На кислых почвах необходимо известкование.                                                                                                                | Ограничение поступления сухих и мокрых щелочных и кислотных выбросов.                                                                                                                                                                                                                                 | Агрохимическа<br>я мелиорация, подбор устойчивых культур.                   |
| 8. Засоление почв, накопление хлоридов в почве | Снижение расхода солей. Применение новых экологически безопасных противогололедных материалов с улучшенными технологическими и экологическими свойствами. | Использование нетрадиционной природной энергии для таяния снега и льда.                                                                                                                                                                                                                               |                                                                             |
| Градостроительные                              |                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                             |
| 9. Увеличение запечатанности территории        | Соблюдение норм озеленения территорий на 1 чел., увеличение площади озеленения за счет ликвидации запечатанных территорий. Применение экопарковок.        | При высоких уровнях загрязнения – сбор и очистка поверхностного стока, озеленение территории с открытым грунтом. Компенсационное оздоровление почв путем рекультивационных работ на освобождающихся от свалок, загрязненных, захлавленных и других территориях с деградированными почвами, а также на | Минимизация доли запечатанных земель, организация дорожно-тропиночной сети. |

|  |  |                                                                    |  |
|--|--|--------------------------------------------------------------------|--|
|  |  | территориях, с которых выводятся экологически опасные предприятия. |  |
|--|--|--------------------------------------------------------------------|--|

принято называть биоремедиацией (bio – жизнь, remedio – лечение). К ним относится биостимуляция природных микроорганизмов (микробного ценоза) путем внесения удобрений непосредственно на очищаемый участок природной среды или накопление в лаборатории препарата тех микроорганизмов загрязненного ценоза, которые способны наиболее эффективно утилизировать данный загрязнитель. Например, улучшение природного ценоза посредством внесения специализированных микроорганизмов, которые были выделены микробиологическими методами в виде биопрепаратов. Во всех случаях биоремедиация предполагает создание на загрязненном участке высоких концентраций биогенов (удобрений) и клеток активно размножающихся микроорганизмов и их сообществ (бактерий, актиномицетов, грибов и микроводорослей). Они обладают большими потенциальными возможностями для предотвращения загрязнения окружающей среды и борьбы с уже имеющимся загрязнением (Янкевич, Квитко, 1998). По сравнению с другими методами очистки окружающей среды биоремедиация гораздо дешевле. Создан ряд препаратов на основе микробных сообществ, активно утилизирующих углеводороды нефти, и позволяющих в максимально короткий срок очищать от загрязнения нефтью и нефтепродуктами воду и почву (Методические рекомендации..., 2000).

## **4. УЧЕНИЕ О БИОХИМИЧЕСКИХ БАРЬЕРАХ КАК ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОСНОВА УСТОЙЧИВОСТИ ХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ**

### **4.1. Классификация геохимических барьеров по А.И. Перельману**

Геохимический барьер, по определению А.И. Перельмана (1968), - это такие участки зоны гипергенеза, в которых на коротком расстоянии происходит резкое уменьшение интенсивности миграции, что приводит к концентрации химических элементов. Барьеры – это граница, переходная область, где одна устойчивая обстановка на сравнительно коротком расстоянии сменяется другой. Например, зона встречи пресных речных вод с морскими в устьях рек представляет собой геохимический барьер шириной в сотни и тысячи метров. Геохимические барьеры возникают в зоне разломов, на границе почвенных генетических горизонтов, на границе резкой смены гранулометрического состава рыхлых отложений, а также в местах разгрузки подземных вод.

В основу классификации геохимических барьеров положены виды миграции (Перельман, Касимов, 1999). Выделяется два основных типа – *природные и техногенные*. Природные в свою очередь разделяются на три класса:

I. Биогеохимические барьеры: (O, C, H, Ca, K, N, Si, Mg, P, S, Na, Cl, Fe, Ba, Sr, Mn, B, F, Zn, Rb, Cu, V, Ge, Ni, As, Co, Li, Mo, J, Se, Ra).

II. Физико-химические барьеры

1. Окислительные:

- а) железный или железо-марганцевый (Fe, Mn, Co);
- б) марганцевый (Mn);
- в) серный (S).

2. Восстановительные:

- а) сульфидный (Fe, V, Zn, Ni, Cu, Co, Pb, U, As, Cd, Hg, Ag, Se);
- б) глеевый (V, Cu, U, Ag, Se).

3. Сульфатный и карбонатный (Ca, Ba, Sr).

4. Щелочной (Fe, Ca, Mg, Mn, Sr, V, Cr, Zn, Cu, Ni, Co, Pb, Cd).

5. Кислый ( $\text{SiO}_2$ ).

6. Испарительный (Ca, Na, K, Mg, F, S, Sr, Cl, Rb, Zn, Li, N, U, Mo).

7. Адсорбционный (Ca, K, Mg, P, S, Rb, V, Cr, Zn, Ni, Cu, Co, Pb, U, As, Mo, Hg, Ra).

8. Термодинамический (Ca, Sr).

III. Механические барьеры (Fe, Ti, Zr, Cr, Nb, Th, Ta, Sn, W, Hf, Hg, Os, Pt, Pd, Au, Ru, Jr, Rh и др.).

Техногенные барьеры также разделяются на классы:

1. Механические барьеры;

2. Физико-химические барьеры;

### 3. Биогеохимические барьеры.

*Биогеохимические барьеры* обязаны своим происхождением уменьшению интенсивности биогенной миграции – угольные залежи, торф, концентрация элементов в телах организмов и т.д. – рис. 25 (по Перельман, Касимов, 1999). Примером биогеохимического барьера служит гумусовый

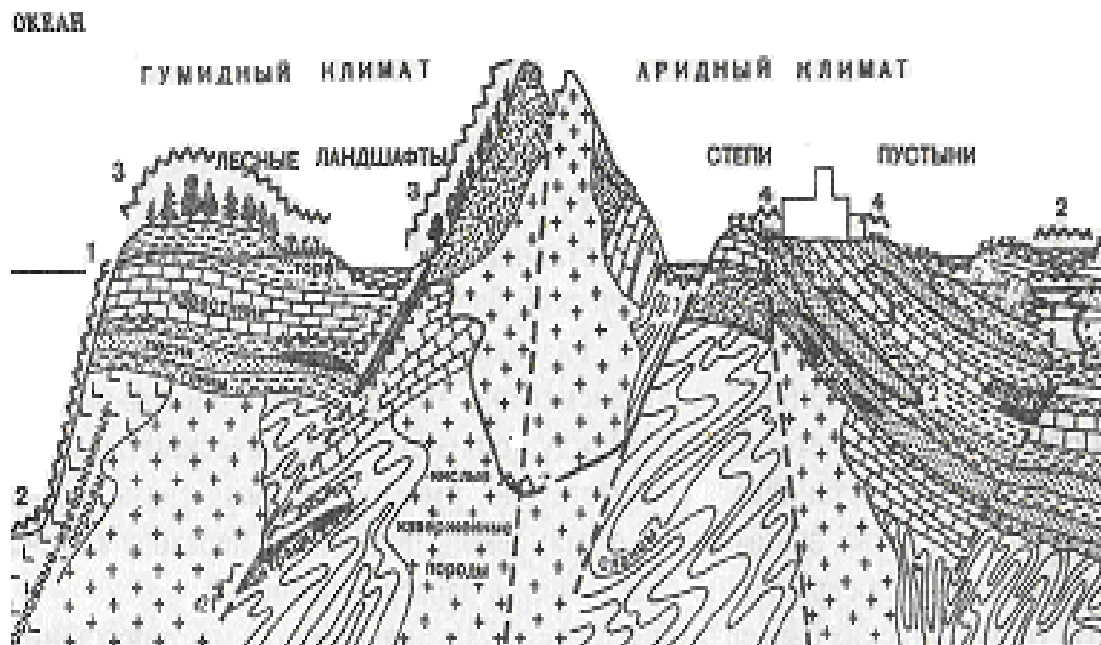


Рис. 25. Геохимические барьеры в географической оболочке (биосфере, ноосфере):

1- механические, 2 – физико-химические, 3 – биогеохимические, 4 – техногенные, 5 – глубина проникновения кислородных вод в литосферу, зависящая от климата и геологического строения; А – кислородные, В, С – восстановительные барьеры, приуроченные к границе проникновения кислородных вод в литосферу.

горизонт почв, в котором местами в результате биогенной аккумуляции накапливаются рудные элементы. С этими барьерами связано образование промышленных месторождений полезных ископаемых – торфа, угля и др. Велика их роль в плодородии почв.

*Физико-химические барьеры* возникают в местах изменения температуры, давления, окислительно-восстановительных, щелочно-кислотных и других условий. Они подразделяются на ряд классов, в пределах которых выделяются виды барьеров.

*Окислительные геохимические барьеры*

развиваются на участках резкой смены восстановительных условий окислительными. Например, на участке резкой смены сильноглеевой среды слабоглеевой. При этом главным агентом окисления служит свободный кислород. Поэтому данную разновидность окислительного барьера называют кислородный барьером.

*Железный* или *железо – марганцевый барьер* возникает на контакте глеевых вод с кислородными водами или воздухом. В этих местах часто развивается эпигенетическое ожелезнение и омарганцевание за счёт выпадения из вод гидроксидов железа и марганца. В глеевых горизонтах почв - торфозёмов железо и марганец обладают высокой подвижностью, в связи с этим вблизи земной поверхности на контакте с кислородом воздуха возникает кислородный барьер, железо осаждается. При сильном заболачивании железо накапливается в верхнем горизонте почв, его распределение по профилю приобретает «солончаковый» характер. Кислородные микробарьеры очень характерны для глубоких горизонтов почв – торфозёмов. Они возникают в местах увеличения Eh и отмечаются концентрации железа и марганца в форме различных конкреций. По мнению В.В. Добровольского (1966), Fe-Mn конкреции образуются вокруг отмерших корней растений, так как последние являются проводником кислорода воздуха в оглеенные горизонты. Ожелезнение наблюдается и в песчаных водоносных горизонтах аллювиальных перегнойно-глеевых почв. В их профиле в зоне капиллярной каймы или на контакте глеевых и кислородных вод возникает *кислородный барьер*, в связи с чем ожелезнённый горизонт книзу сменяется глеевым

*Марганцевый барьер* наблюдается в песчаниках, гравелистых и других водопроницаемых породах, а также в болотных почвах в виде примазок гидроксидов марганца. Эти явления связаны с осаждением гидроксидов марганца на кислородном барьере из слабоокисленных вод.

*Серный барьер*. На кислородном барьере в результате окисления сероводорода подземных вод образуются эпигенетические месторождения самородной серы. Агентом окисления служит кислород, проникающий в подземные воды при тектонических поднятиях. Сероводород образуется за счёт микробиологического восстановления сульфатов с участием сульфатредуцирующих бактерий. Другая группа микроорганизмов (тионовые бактерии) окисляет сероводород до элементарной серы.

*Восстановительные геохимические барьеры* возникают в тех участках зоны гипергенеза, где окислительные условия сменяются восстановительными, или менее восстановительные резко переходят в более восстановительные. В соответствии с двумя основными классами восстановительной среды – сульфидным (сероводородным) и глеевым – устанавливаются два класса восстановительных геохимических барьеров: сульфидный (сероводородный) и глеевый.

*Сульфидный (сероводородный) барьер* возникает в почвах и водоносных горизонтах, когда воды, характеризующиеся окислительными или глеевыми условиями, встречаются на пути своего движения сероводород (сероводородные воды, газы с  $H_2S$ , гниющее органическое вещество). При этом происходит выпадение металлов (железо, цинк, свинец и другие халькофильные элементы с постоянной валентностью) в форме нерастворимых сульфидов.

*Глеевые барьеры* возникают на участках резкой смены окислительной обстановки глеевой или же на контакте слабоглеевой с резкоглеевой сред. На глеевом барьере возможно осаждение урана, селена, меди, серебра, молибдена и других элементов. Отсутствие в рудах сульфидов, низкое содержание пирита, при одновременной концентрации селена, урана и других элементов может указывать на глеевый характер геохимического барьера.

*Сульфатный и карбонатный барьеры* возникают в местах встречи сульфатных и карбонатных вод с водами другого типа, содержащими значительное количество  $Ca$ ,  $Sr$ ,  $Ba$ .

*Щелочной барьер* возникает на участках резкого повышения  $pH$ . Характерным примером этого вида геохимического барьера служат многие контакты изверженных и осадочных бескарбонатных пород с известняками. Щелочной барьер имеет большое значение для концентрации большинства металлов так как интенсивность их миграции в кислой области значительно выше, чем в щелочной. Кислые воды, дренирующие сульфидные месторождения, ультраосновные и другие силикатные породы, содержат значительное количество металлов. При попадании этих вод в известняки  $pH$  резко повышается, металлы выпадают из раствора в виде вторичных минералов. Таким путём образовались, например, никелевые месторождения. Щелочной барьер очень характерен для почв, коры выветривания и ореолов рассеяния сульфидных месторождений.

В верхних горизонтах большинства лесостепных и степных почв создаётся слабокислая среда за счет разложения растительных остатков (гумусовые кислоты,  $CO_2$ ). Двигаясь вниз, эти вещества встречаются на глубине 0,5-1 м иллювиальный карбонатный горизонт. На контакте с этим горизонтом создаётся щелочной барьер, возникают условия для осаждения многих металлов.

*Кислый барьер* возникает в местах резкого уменьшения  $pH$ , в частности, при смене нейтральной и щелочной реакции на кислую. На этом барьере осаждаются аниогенные элементы, в особенности кремний, а также алюминий, молибден, уран, ванадий, селен и др.

*Испарительный барьер* возникает на участках сильного испарения подземных вод, из которых осаждаются легко- и труднорастворимые соли. Представители этого вида барьера – гипсовые

горизонты в солончаках, солевые корки солончаков, выцветы солей на склонах в местах выхода источников.

*Адсорбционные барьеры* образуются на контакте пород и почв, богатых адсорбентами, с подземными водами. В результате в глинах, торфах, углях и других адсорбентах, имеющих отрицательный заряд, возможно накопление меди, цинка, свинца и прочих катионов. Другие адсорбенты (бокситы, бурые железняки и т.д.) имеют положительный заряд и способны адсорбировать анионы. Этим объясняется частое присутствие в бурых железняках ванадия, фосфора, мышьяка. Адсорбционные барьеры играют важную роль в формировании вторичных ореолов рассеяния.

*Термодинамические барьеры* возникают на участках резкого изменения температуры или давления, с которыми тесно связан газовый режим подземных вод. Примером являются зоны разломов, где разгружаются углекислые воды и понижается давление  $\text{CO}_2$ . При этом карбонатное равновесие в водах нарушается, часть  $\text{CO}_2$  выделяется в свободном виде, из вод выпадает  $\text{CaCO}_3$ . Таким образом образуются кальцитовые конкреции и жилы. Отложение кальцита характерно и для почв (иллювиальные карбонатные горизонты в чернозёмах, каштановых и других почвах).

*Механические барьеры* - это участки уменьшения интенсивности механической миграции. К ним приурочены различные продукты механической дифференциации осадков. Они характерны для седиментогенеза. С такими барьерами связано образование россыпных месторождений золота, олова, циркония, титана, тория и других элементов. Механические барьеры играют важную роль в формировании механических ореолов вокруг рудных месторождений.

#### **4.2. Роль внутренних свойств химических веществ и внешних факторов почвенно-химической и ландшафтно-геохимической природы в формировании механизмов химического состояния почв**

Геохимические барьеры существуют не изолированно, а в сочетании друг с другом, образуя сложные комплексы. Они регулируют элементный состав потоков веществ, от них в большей мере зависит функционирование экосистем. Продукты техногенеза в зависимости от их природы и той ландшафтной обстановки, в которую они попадают, могут либо перерабатываться природными процессами, и не вызывать существенных изменений в природе, либо сохраняться и накапливаться, губительно влияя на все живое. И тот и другой процесс определяются рядом факторов, анализ которых позволяет судить об уровне биохимической устойчивости ландшафта и прогнозировать характер их изменений в природе под влиянием техногенеза. В автономных ландшафтах развиваются процессы самоочищения от техногенного загрязнения, так как продукты техногенеза

рассеиваются поверхностными и внутрипочвенными водами. В аккумулятивных ландшафтах накапливаются и консервируются продукты техногенеза.

Все возрастающее внимание к охране окружающей среды вызвал особый интерес к вопросам воздействия на почву тяжелых металлов. С исторической точки зрения интерес к этой проблеме появился с исследованием плодородия почв, поскольку такие элементы, как железо, марганец, медь, цинк, молибден и, возможно, кобальт, очень важны для жизни растений и, следовательно, для животных и человека. Они известны и под названием микроэлементов, потому, что необходимы растениям в малых количествах. К группе микроэлементов относятся также металлы, содержание которых в почве довольно высокое, например, железо, которое входит в состав большинства почв и занимает четвертое место в составе земной коры (5%) после кислорода (46,6%), кремния (27,7%) и алюминия (8,1%). Все микроэлементы могут оказывать отрицательное влияние на растения, если концентрация их доступных форм превышает определенные пределы. Некоторые тяжелые металлы, например, ртуть, свинец и кадмий, которые, по всей видимости, не очень важны для растений и животных, опасны для здоровья человека даже при низких концентрациях. Выхлопные газы транспортных средств, вывоз в поле или станции очистки сточных вод, орошение сточными водами, отходы, остатки и выбросы при эксплуатации шахт и промышленных площадок, внесение фосфорных и органических удобрений, применение пестицидов и т.д. привели к увеличению концентраций тяжелых металлов в почве.

До тех пор, пока тяжелые металлы прочно связаны с составными частями почвы и труднодоступны, их отрицательное влияние на почву и окружающую среду будет незначительным. Однако если почвенные условия позволяют перейти тяжелым металлам в почвенный раствор, появляется прямая опасность загрязнения почв, возникает вероятность проникновения их в растения, а также в организм человека и животных, потребляющие эти растения. Кроме того, тяжелые металлы могут быть загрязнителями растений и водоемов в результате использования сточных ила вод. Опасность загрязнения почв и растений зависит: от вида растений; форм химических соединений в почве; присутствия элементов противодействующих влиянию тяжелых металлов и веществ, образующих с ними комплексные соединения; от процессов адсорбции и десорбции; количества доступных форм этих металлов в почве и от почвенно- климатических условий. Следовательно, отрицательное влияние тяжелых металлов зависит, по существу, от их подвижности, т.е. растворимости. Тяжелые металлы в основном характеризуются переменной валентностью, низкой растворимостью их гидроокисей, высокой способностью образовывать комплексные соединения и, естественно, катионной способностью.

К факторам, способствующим удержанию тяжелых металлов почвой относятся: обменная адсорбция поверхности глин и гумуса, формирование комплексных соединений с гумусом, а также формирование нерастворимых соединений, особенно при восстановлении. Естественно, в почве могут присутствовать и другие формы металлов, которые не участвуют непосредственно в этом равновесии, например, металлы из кристаллической решетки первичных и вторичных минералов, а также металлы из живых организмов и их отмерших остатков. Наблюдение за изменением тяжелых металлов в почве невозможно без знания факторов, определяющих их подвижность. Процессы передвижения удержания, обуславливающие поведение тяжелых металлов в почве, мало, чем отличаются от процессов, определяющих поведение других катионов. Хотя тяжелые металлы иногда обнаруживаются в почвах в низких концентрациях, они формируют устойчивые комплексы с органическими соединениями и вступают в специфические реакции адсорбции легче, чем щелочные и щелочноземельные металлы. Миграция тяжелых металлов в почвах может происходить с жидкостью и суспензией при помощи корней растений или почвенных микроорганизмов. Миграции растворимых соединений происходит вместе с почвенным раствором (диффузия) или путем перемещения самой жидкости. Вымывание глин и органического вещества приводит к миграции всех связанных с ними металлов. Миграция летучих веществ в газообразной форме, например, диметила ртути, носит случайный характер, и этот способ перемещения не имеет особого значения. Миграция в твердой фазе и проникновение в кристаллическую решетку являются больше механизмом связывания, чем перемещения. Тяжелые металлы могут быть внесены или адсорбированы микроорганизмами, которые в свою очередь, способны участвовать в миграции соответствующих металлов. Дождевые черви и другие организмы могут содействовать миграции тяжелых металлов механическим или биологическим путями, перемешивая почву или включая металлы в свои ткани.

Из всех видов миграции самая важная – миграция в жидкой фазе, потому что большинство металлов попадает в почву в растворимом виде или в виде водной суспензии и фактически все взаимодействия между тяжелыми металлами и жидкими составными частями почвы происходит на границе жидкой и твердой фаз. Тяжелые металлы в почве через трофическую цепь поступают в растения, а затем потребляются животными и человеком. В круговороте тяжелых металлов участвуют различные биологические барьеры, вследствие чего происходит выборочное бионакопление, защищающее живые организмы от избытка этих элементов. Все же деятельность биологических барьеров ограничена, и чаще всего тяжелые металлы концентрируются в почве. Устойчивость почв к загрязнению ими различна в зависимости от буферности. Почвы с высокой адсорбционной

способностью соответственно и высоким содержанием глин, а также органического вещества могут удерживать эти элементы, особенно в верхних горизонтах. Это характерно для карбонатных почв и почв с нейтральной реакцией. В этих почвах количество токсических соединений, которые могут быть вымыты в грунтовые воды и поглощены растениями, значительно меньше, чем в песчаных кислых почвах. Однако при этом существует большой риск в увеличении концентрации элементов до токсичной, что вызывает нарушение равновесия физических, химических и биологических процессов в почве. Тяжелые металлы, удерживаемые органической и коллоидной частями почвы, значительно ограничивают биологическую деятельность, ингибируют процессы, имеющие важное значение для плодородия почв.

Песчаные почвы, которые характеризуются низкой поглотительной способностью, как и кислые почвы очень слабо удерживают тяжелые металлы, за исключением молибдена и селена. Поэтому они легко адсорбируются растениями, причем некоторые из них даже в очень малых концентрациях обладают токсичным воздействием. Содержание в почве свинца обычно колеблется от 0,1 до 20 мг/кг. Свинец отрицательно влияет на биологическую деятельность в почве, ингибирует активность ферментов уменьшением интенсивности выделения двуокси углерода и численности микроорганизмов.

Содержание цинка в почве колеблется от 10 до 800 мг/кг, хотя чаще всего оно составляет 30-50 мг/кг. Накопление избыточного количества цинка отрицательно влияет на большинство почвенных процессов: вызывает изменение физических и физико-химических свойств почвы, снижает биологическую деятельность. Цинк подавляет жизнедеятельность микроорганизмов, вследствие чего нарушаются процессы образования органического вещества в почвах. Избыток цинка в почвенном покрове затрудняет ферментацию разложения целлюлозы, дыхания, действия уреазы. Тяжелые металлы, поступая из почвы в растения, передаваясь по цепям питания, оказывают токсическое действие на растения, животных и человека. Среди наиболее токсичных элементов прежде всего следует назвать ртуть, которая представляет наибольшую опасность в форме сильнотоксичного соединения – метилртути. Ртуть попадает в атмосферу при сжигании каменного угля и при испарении вод из загрязненных водоемов. С воздушными массами она может переноситься и откладываться на почвах в отдельных районах.

Исследования показали, что ртуть хорошо сорбируется в верхних сантиметрах перегнойно-аккумулятивного горизонта разных типов почв суглинистого механического состава. Миграция ее по профилю и вымывание за пределы почвенного профиля в таких почвах незначительна. Однако в почвах легкого механического состава, кислых и обедненных гумусом

процессы миграции ртути усиливаются. В таких почвах проявляется также процесс испарения органических соединений ртути, которые обладают свойствами летучести.

## 5. ГЛУБОКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И ПРИРОДОРЕГУЛИРУЮЩИХ ФУНКЦИЙ ПОЧВ

### 5.1. Функционирование системы соединений химических элементов почвы

Набор и количественное соотношение химических элементов в почве называют её элементным составом. Любые почвы содержат все 92 элемента Периодической системы Д.И. Менделеева, а в случае химического загрязнения в почвах могут накопиться и трансурановые элементы. По данным О.В. Ложниченко, И.В. Волковой, В.Ф. Зайцева (2008), диапазон концентраций их велик: от десятков и единиц массовых долей (%) до  $10^{10}$  –  $10^{12}$ . Часть из этих элементов участвует в формировании почвенной массы, при этом они играют конституционную роль (макроэлементы). Другая часть существенно не влияет на свойства почвенной массы, но играет важную физиологическую роль (микроэлементы, ультрамикроэлементы, нанoeлементы). Некоторые элементы могут быть как стимуляторами физиологических и биохимических процессов, так и токсическими факторами.

Химические элементы представлены в почвах большим набором их химических соединений. Разнообразие соединений любого из элементов обеспечивает сравнительную устойчивость химического состояния почв.

Учение о множественности экологических функций почв разработано Г. В. Добровольским и Е. Д. Никитиным (1990) и легло в основу развития экологического почвоведения. При этом под функциями почв в наземных экосистемах и биосфере понимают роль и значение почв и почвенных процессов в жизни указанных объектов, их сохранении, восстановлении и эволюции. Глобальные функции почвенного покрова Земли И.В.Ковалёв и Н.О. Ковалёва (2009) сгруппировали в 4 большие группы по их общебиосферному и социально-экономическому потенциалу (табл. 6).

Уникальность почв как среды обитания разнообразных форм жизни определяется тем, что на них и в них одновременно представлены твердое, жидкое и газовое состояние материи, а также минеральные и органические вещества, пригодные для питания как автотрофных, так и гетеротрофных организмов (Добровольский, 2007). Таким образом, *биоэкологическая функция* почв эксплуатируется посредством формирования экологических ниш или вре-менных убежищ для различного рода организмов. Органическое вещество почв (органогенный горизонт, слой подстилки, конкретный органический субстрат) может выступать как природным хранилищем микроорганизмов с ценными свойствами, так и лабораторным субстратом. Одна из важнейших общепланетарных функций почв объединяет *функции биогеохимические*.

Таблица 6

**Глобальные функции почвенного покрова**  
**([www.isras.ru/.../2009.1/Kovalev.pdf](http://www.isras.ru/.../2009.1/Kovalev.pdf))**

| Функции                          | Общебиосферный потенциал                                                 | Хозяйственно-экономический и социальный потенциал                                                    |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I. Биоэкологическая              | Поддержание биоразнообразия                                              | Районирование сельскохозяйственных культур и животных. Здравоохранение                               |
|                                  | Планетарный генофонд и хранилище материала для воспроизводства жизни     | Генофонд растений, животных и микроорганизмов. Селекция. Социальная география                        |
|                                  | Физико-механический                                                      | Архитектура, строительство, дорожное строительство. Инженерное почвоведение                          |
| II. Биохимическая                | Энергетический                                                           | Энергоресурсный (тепловая энергия торфа, горючих сланцев, нефти, природного газа)                    |
|                                  | Круговорот элементов                                                     | Пищевые цепи, технобиохимия, ландшафтное планирование                                                |
|                                  | Газово-атмосферный                                                       | Квоты парниковых газов, изменение климата                                                            |
|                                  | Гидрологический                                                          | Ресурсы питьевой воды                                                                                |
|                                  | Буферный (нейтрализация и стабилизация токсичных элементов и соединений) | Рекультивация                                                                                        |
|                                  | Литогенный                                                               | Ресурсы полезных ископаемых                                                                          |
|                                  | Регуляторный (регуляция структуры биocenозов, гидротермического режима)  | Производство средств защиты растений. Севообороты. Фито-мелиорация                                   |
| III. Продукционно-деструкционная | Биопродуктивность                                                        | Продуктивность лесо- и сельскохозяйственных угодий. Земельный кадастр. Регулятор плотности населения |
|                                  | Деструкция и утилизация отходов жизнедеятельности                        | Переработка и утилизация отходов                                                                     |
| IV. Ноосферная                   | Эстетический                                                             | Культурно-эстетический                                                                               |
|                                  | Информационный                                                           | Образование, наука                                                                                   |

Почва – связующее геохимическое звено биологического, геологического и техногенного круговорота веществ в наземных экосистемах. Потребляя растительную и животную продукцию, выращенную на почвах, человек включается в те «пищевые цепи», которые связывают между собой химический состав почв, грунтовых вод, растений, травоядных животных. В каждом новом звене пищевых цепей происходит все большее накопление токсических веществ. Поэтому даже низкое содержание токсинов в почвах и водах создает опасные концентрации в продуктах питания (Добровольский 2007). Образование биомассы сопровождается выносом на поверхность почв и в корнеобитаемые горизонты огромных масс химических элементов и их соединений. Подсчеты свидетельствуют (Ковда, 1989), что ежегодно мобилизуется, проходит через растения, освобождается из опада, минерализуется при потреблении животными и микроорганизмами до  $n \times 10^{10}$  т минеральных соединений различного типа. Массы измельченного вещества перемещаются в виде водных взвесей и растворов, в форме пыли и аэрозолей от возвышенностей к низменностям, морям и океанам, погребаясь геологическими отложениями. Из пищевых цепей биогеохимического круговорота вырывается полностью в геологические осадки около 5–10 % общей массы мигрирующих веществ и консервируется в породе (литогенная функция). Под влиянием почвенных процессов происходит выветривание минералов, формируются глинистые минералы, биоминералы, угли, карбонатные породы, торф. В этом глобальном миграционном процессе создаются зоны концентрации тех или иных веществ и наоборот: зоны обеднения – различные геохимические провинции. Поскольку на земной поверхности основной геохимический поток направлен в рамках большого геологического круговорота веществ для 70 % суши – в океан и для 30 % – в замкнутые бессточные депрессии, но всегда – от более высоких отметок к более низким в результате действия гравитационных сил, соответственно идет и дифференциация вещества земной коры: от высоких отметок к низким, от суши – к океану. Как следствие, почвы средних, нижних частей или основания склонов становятся «складом» химических элементов или загрязняющих веществ, выносимых грунтовым и поверхностным стоком с повышенных элементов рельефа, даже весьма отдаленных. Крупные автострады станут источником тяжелых металлов (обладающего психотропным действием свинца, а также весьма токсичных: ртути, мышьяка, хрома, меди и цинка). С выхлопными газами в почву попадают канцерогенные для человека бензапирен и бензантрацен (указанные соединения образуются в количестве 1,5 мкг на 1 км пути). Расположенные выше по уклону мусорные свалки создают угрозу перемещения в рельефе и загрязнения почв и растительной продукции хлорорганическими, полифенольными и иными токсичными соединениями. Сельскохозяйственные объекты (фермы, поля, навозохранилища) и не

оборудованные септиками туалеты являются источником нитратов и болезнетворных микроорганизмов и т. д.

Тесно взаимосвязана с *биогеохимической функцией* почв в биосфере и *гидрологическая функция*. Фильтруясь через почвенный покров, атмосферные осадки оспринимают зональные и региональные особенности химического и минералогического состава почв (Ковалева, Ковалев, 2004). По нашим данным, например, вынос магния и нитратов с дренажным стоком на осушенном массиве превышает предельно допустимые концентрации (ПДК) в 5–7 раз (Ковалев, 2001). Неслучайно В. И. Вернадский связывал с биохимическими процессами в почвах не только загрязненность грунтовых вод, но даже и солевой состав морской воды (Добровольский 2007).

Жизненно важное значение имеет и *функция буферности почв* (саморегулирующийся гомеостаз), под которой понимается способность почвы сохранять свои основные характеристики неизменными при внешних воздействиях и трансформировать последние в направлениях, сглаживающих векторы неблагоприятных факторов, будь то загрязнение тяжелыми металлами, радионуклидами или пестицидами, кислотные осадки или засоленная оросительная вода и т. д. Буферность почв тем больше, чем больше в них коллоидных частиц и гумуса, то есть выше в черноземах степи и лесостепи, в серых лесных почвах среднерусской полосы, и значительно ниже – в таежных подзолах или бурых лесных почвах Европы. А значит, и устойчивость почв к негативным воздействиям разная и имеет свои конкретные пределы.

*Санитарная функция* почвенного органического вещества базируется на его способности адсорбировать и подавлять патогенные микроорганизмы, удерживать тяжелые металлы и радионуклиды, снижая их доступность растениям. Известна детоксицирующая роль органического вещества в утилизации гербицидов, минеральных удобрений, нефти, синтетических волокон, бензапирена и т. д. Очевидна ресурсная ценность органического вещества почв в рекультивационных мероприятиях, в организации буферных зон вокруг токсичных производств, в оздоровлении населения загрязненных территорий. Медико-санитарная функция почвенного органического вещества эксплуатируется посредством использования отдельных извлекаемых из него соединений в фармацевтической промышленности.

Это изготовление противовоспалительных препаратов на основе вытяжек гуминовых кислот, и «мумие», и лечебные грязи и т. д. Возможности использования ресурса органического вещества почв с этой точки зрения безграничны (ферменты, витамины, антибиотики, липиды и т. д.)

Г.В. Мотузова, О.С. Безуглова (2007) при описании утилитарных функций почвенного покрова особо выделили протекторную (защитную) функцию почвы, непосредственно связанную со способностью почвы регулировать состав атмосферы и гидросферы. Эта функция связана с

разнообразием механизмов поглотительной способности почв, обязательным присутствием в них активных сорбентов различных химических веществ. Ведь известно, что почва может, как поглощать необходимые для растений питательные химические элементы, так и различные химические элементы-загрязнители. Защитить сопредельные с почвой среды (воздух, влагу) от загрязняющих веществ почва может, только поглотив эти вещества и удерживая их в слабоподвижном состоянии. Связывая химические элементы-загрязнители и не поглощённые растениями химические элементы питательных веществ физическим и химическим путём, почва проявляет себя как своеобразный фильтр. То есть мы имеем дело с буферной способностью почв.

#### **5.1.1. Буферность почв**

Согласно исследованиям Е.Н. Толстоконевой (2005), буферность почвы является широким понятием и включает в себя буферные свойства почвы по отношению к элементам питания, устойчивость почв к загрязняющим веществам, окислительно-восстановительную, кислотно-основную, или рН, буферность и характеризует устойчивость разнообразных свойств почв к определённым воздействиям. Кислотно-основная буферность, качественные и количественные параметры которой являются функцией всех её химических компонентов, заключается в способности почвы регулировать реакцию почвенной среды при кислотном или щелочном воздействии. Буферность в физико-химическом смысле – это способность раствора противостоять изменению реакции среды при прибавлении кислот или щелочей за счёт перехода части ионов  $H^+$  (протонов) или  $OH^-$  (гидроксид-ионов) из диссоциированного состояния в недиссоциированное. Как считал Г. Каппен, при щелочном или кислотном воздействии на почву одновременно идёт процесс нейтрализации поглощёнными ионами. То есть наряду с собственно буферными реакциями, которые осуществляются почвенными буферными системами, происходят и другие физико-химические процессы, совокупность которых замедляет изменение реакции среды.

Регулирующие свойства почвы определяются взаимодействием буферных систем почвенного раствора и находящегося с ним в тесном взаимодействии почвенно-поглощающего комплекса (ППК) и зависят главным образом от величины ёмкости катионного обмена и состава поглощённых катионов. Ёмкость катионного обмена в свою очередь зависит от рН взаимодействующего с почвой раствора и гранулометрического состава почв. При нейтральной и кислой реакции среды диссоциируют только карбоксильные группы гумусовых кислот, константа диссоциации которых зависит от положения её в молекуле и ближайшего окружения. В щелочной среде способны диссоциировать фенольные и некоторые другие

гидроксид-ионы, что является дополнительным источником ионов водорода, способного к обменным реакциям. Высокая регулирующая способность отмечается в почвах с высоким содержанием гумуса, илистых частиц, где наблюдается повышенное содержание слоистых алюмосиликатов, гумусовых веществ, что даёт более высокую плотность зарядов на единицу поверхности и соответственно большее количество ионов на единицу поверхности, способных участвовать в обменных реакциях, чем в первичных минералах крупных фракций.

### **5.1.2. Кислотно-основное равновесие почв**

Кислотно-основное равновесие характеризует такое состояние почвенной системы, при котором концентрация ионов водорода и гидроксид-иона достигает определённых соотношений и перестаёт изменяться во времени. В почве оно характеризуется уровнем реакции среды рН, установившимся в результате почвообразовательных процессов, так и потенциальной способностью почв к регулированию процессов подкисления и подщелачивания. Основное участие в регулировании кислотно-основного равновесия принимает почвенно-поглощающий комплекс (ППК). В зависимости от характера воздействий ППК выступает как кислота или основание.

Регулирование активной реакции почвенного раствора и реакции среды почвы в целом определяется взаимодействием буферных систем почвенного раствора и твёрдых фаз почвы в интервале рН от 9 до 3 единиц. Их количество и состав являются определяющими в способности почвы противостоять подкислению или подщелачиванию. В природной обстановке буферность почв выражается в том, что при потреблении какого-либо элемента из почвенного раствора происходит частичное растворение твёрдой фазы, и концентрация раствора восстанавливается. Если в почвенный раствор попадают извне излишнее количество каких-либо соединений, то твёрдая фаза почв связывает такие вещества, вновь поддерживая постоянство состава почвенного раствора. Это подтверждают возможные переходы ионов калия ( $K^+$ ) и трансформация калийсодержащих веществ в почве. Буферность почв обусловлена большим набором одновременно протекающих химических реакций между почвенным раствором и твёрдой частью почвы. Химическое разнообразие делает почву устойчивой как в изменяющихся условиях природной среды, так и при антропогенном воздействии.

## **5.2. Механизмы устойчивости различных уровней организации почвенной системы к внешнему химическому воздействию**

Важным фактором при оценке риска выступает устойчивость почв к химическому загрязнению. Количественная оценка устойчивости почв позволяет учитывать региональную специфику территории и

характеризовать потенциальные возможности различных почв и их ответную реакцию на внешнее химическое воздействие независимо от характера этого воздействия.

В настоящее время известны лишь некоторое представление о ряде механизмов, сохраняющих состояние почв или управляющих их изменениями, сформулированное на качественном уровне. Согласно имеющейся информации ([biospace.nw.ru/evoeco/lit/armand-14.htm](http://biospace.nw.ru/evoeco/lit/armand-14.htm)), следует различать два типа устойчивости морфологической организации почвы:

1. Пассивная устойчивость, связанная с "грубостью" морфологической структуры, т.е. малой ее чувствительностью к изменению функционирования и окружающей среды. Этот тип устойчивости наиболее характерен для низших уровней организации — первичных гранулометрических частиц и связан с устойчивостью рельефа и литологической неоднородностью геологических условий. (Фридланд, 1972).

2. Активная (динамическая) устойчивость почв и почвенного покрова обусловлена постоянным или краткопериодическим воспроизводством морфоструктур (Соколов, Таргульян, 1976; Герасимов, 1980). Следует различать два рода механизмов подобной устойчивости.

А. Устойчивость, связанная с циклическими (неразрывно сопряженными) обменными процессами. Имеются в виду чередующиеся противоположно направленные процессы трансформации и миграции вещества и энергии (Роде, 1947). Уравновешенный характер притока и оттока, синтеза и распада, формирования и разрушения веществ и элементов строения почвы определяет ее стационарное состояние. Сюда относятся процессы, формирующие гумусовый, солевой и карбонатный профили почв, сложение и структуру и другие процессы, определяющие важнейшие эдафические условия почвы. Устойчивость в многолетнем ряду стационарного состояния определяется не только относительным постоянством внешних и внутренних условий трансформации и миграции, но часто также механизмами отрицательной обратной связи. Наиболее простым среди них, несмотря на многообразие участвующих агентов, является процесс воспроизводства гумуса. Частные отклонения притока органических остатков, вызываемые колебаниями продукционного процесса в связи с погодными условиями отдельных лет, компенсируются соответствующими изменениями гумусообразования и биохимической минерализации. Более сложным при простоте микропроцессов является механизм многолетнего регулирования солевого профиля ряда почв. Накопление солей в средней части профиля многих автоморфных и гидроморфных почв степей происходит вследствие преобладания восходящей миграции растворов над нисходящей. Однако при достижении определенного уровня засоленности профиля, по-видимому, соответствующей 20 г/л в почвенном растворе (порог осмотически обусловленного исчезновения двойного электрического слоя в коллоидных

мицеллах по С.М. Пакшиной, 1980), увеличивается водопроницаемость и способность к свободному отеканию капиллярных растворов, т.е. сезонного расселения почв, подчас значительного. Освобождение профиля от избытка солей ведет к новому набуханию коллоидов, снижению водопроницаемости и относительному ослаблению сезонного расселения. Этот процесс в зависимости от условий может приобретать различный ритм — от квазистационарного (луговые солонцы) до автоколебаний засоленности (степные почвы) (Козловский, 1977, 1988). Подобные механизмы устойчивости, возможно, имеют более широкое распространение. Как видим, важной их чертой является внутренний характер управления (управляющий механизм - в самой почве).

Б. Устойчивость воспроизводства, обусловленная внешне сопряженными процессами формирования профиля. Общей характерной чертой такого морфогенеза, отличающей его от ранее рассмотренной группы, является возможность раздельного существования составляющих. Сюда относятся процессы формирования синлитогенных почв (Фридланд, 1982), характеризующиеся одновременным развитием аккумулятивного литогенеза и почвообразования ("слабо развитые", горные — по А. И. Ромашкевич, 1986), эоловые, эолово-делювиальные, аллювиальные, маршевые, вулканические, ирригационно-аккумулятивные и культурно-аккумулятивные почвы). Устойчивость формирования таких почвенных профилей зависит от постоянства скоростей составляющих их конкурирующих процессов литогенеза и почвообразования. Близкой, но отличающейся группой по характеру морфогенеза и его устойчивости являются почвы денудационного ряда или "тренда" (Таргульян, Александровский, 1976). В современном эрозиоведении (Заславский, 1983) утвердилось представление о склоновых почвах как самобытного образования, сменившая ранее распространенный взгляд на смытые почвы как механически обезглавленные профили. Склоновые почвы формируются не только смывом, но также переотложением и специфическим почвообразованием, в связи с чем их профиль даже в целинном состоянии отличен по свойствам от соответствующего слоя породы, обнажаемого при однократном (мгновенном) срезании вышележащих горизонтов. В отличие от предыдущей группы, воспроизводство почвенного профиля в условиях динамики земной поверхности обеспечивает относительно меньшую вариабельность формируемых склоновых почв в сравнении с синлитогенными почвами. Основными факторами стабилизации морфогенеза представляются участие в почвообразовании переоткладываемого материала, мощность "морфогенного слоя" - активного влагооборота и биокруговорота, и, возможно, некоторые другие. Особенно эффективная стабилизация морфогенеза имеет место на склонах, если почвообразование происходит по элювиально-иллювиальному типу, а скорость его соизмерима с процессами денудации. Образование в склоновой почве элювиального горизонта часто

сопровождается некоторым снижением эрозионной устойчивости верхнего горизонта и снижением водопроницаемости иллювиального горизонта, что способно оказывать некоторое регулирующее влияние на самый процесс эрозии и сопутствующие ему процессы контактового переувлажнения, формирования верховодок. Этим предопределяется включение ряда морфогенетических процессов, обеспечивающих определенную устойчивость подобного морфогенеза хотя бы на качественном уровне. При значительном развитии процесса, возможно, формируются даже механизмы обратной связи, вначале положительной (снижение эрозионной устойчивости поверхности), а затем отрицательной (выход на поверхность уплотненного иллювиального горизонта).

#### **5.2.1. Материальные носители устойчивости почв к внешнему химическому воздействию**

Почва как сложная саморегулирующаяся система обладает в определенной мере способностью сопротивляться внешнему воздействию, поддерживать то равновесие ее составляющих, которое создано в результате длительного взаимодействия почвенных компонентов между собой и с другими объектами биосферы, но эта способность не беспредельна.

По вопросу материальных носителей устойчивости почв к внешнему химическому воздействию нет единого мнения. Так, М.А. Глазовская (1973) считает, что «устойчивые свойства почв» зафиксированы в *почвенном профиле в виде системы генетических горизонтов*, обладающих определённым минералогическим и химическим составом, физико-химическими и физическими свойствами. Смагин А.В. (2004), изучая структурно-функциональную организацию почв, пришёл к выводу, что, основным материальным носителем биогенной организации почв является *органическое вещество*. К.Д. Глинка считал, что *гумус* является сложным относительно устойчивым комплексом органических соединений, в составе которого большую роль играют специфические высокомолекулярные органические кислоты, находящиеся в коллоидном состоянии. Коллоидная природа почвенного гумуса определяет его высокую обменную способность, большую гидрофильность. К.К. Гедройц, занимаясь вопросами *химической поглотительной способности почв*, выделил её в самостоятельный вид поглотительной способности. Он отмечал: «что те анионы растворённых солей, которые дают с катионами, находящимися в почвенном растворе, нерастворимые или мало растворимые соли, будут выпадать из раствора в виде соответствующих солей; выпадающий осадок будет примешиваться к твердой фазе почвы». Химическая поглотительная способность почв в представлении К.К. Гедройца основана на образовании трудно растворимых соединений, в результате чего в эквивалентных количествах поглощаются как анионы, так и катионы.

В почвах из катионов, дающих нерастворимые соединения, чаще всего встречаются  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ . Из анионов, находящихся в почвах, труднорастворимые соединения с перечисленными катионами могут образовывать  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ . Причем, образование труднодоступных соединений происходит в двух случаях. Первый случай – в результате физико-химического обмена в раствор выходят катионы, находившиеся в адсорбированном состоянии и способные образовывать с анионами раствора труднорастворимые соли. Примером может служить действием на карбонатный горизонт раствора  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . В этом случае благодаря физико-химической обменной способности катион  $\text{Na}^+$  войдёт в поглощённый комплекс почвы и вытеснит оттуда эквивалентное количество кальция и магния. Эти два катиона дадут с анионом  $\text{CO}_3^{2-}$  труднорастворимые карбонаты  $\text{CaCO}_3$  и  $\text{MgCO}_3$ , которые и выпадут в твёрдом состоянии. Второй случай связан с присутствием в природной воде и в твердой фазе почвы простых солей, катионы и анионы которых способны вследствие химической реакции образовывать труднорастворимую соль. Например, если в почве, в которой содержится  $\text{CaCl}_2$  или  $\text{CaSO}_4$  прибавить раствор фосфорнокислого натрия, то вследствие химической реакции выпадет очень труднорастворимый трёхвалентный фосфат  $\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$ .

А теперь посмотрим, что происходит в почвенном профиле в условиях техногенеза. Почвы начинают испытывать сильное техногенное химическое загрязнение. Профиль их трансформируется под воздействием техногенной химической агрессии. Химическое загрязнение вызывает резкое изменение состава почвенных мигрантов и почвенного поглощающего комплекса и влияет на состав почвенной биоты, вплоть до её частичного и полного уничтожения. Такие трансформации вещественного состава почв могут на протяжении длительного времени не вызывать изменение морфологического профиля и не нарушать систему генетических горизонтов. В дальнейшем генетические горизонты существенно преобразуются. Даже могут появиться новые горизонты, а также новообразования, не свойственные данному типу почвообразования. Вновь сформированный профиль может быть отчасти подобен естественному профилю, характерному для конкретных природных условий. Чаще всего он представляет собой почвенно-техногенное образование, не имеющее полных природных аналогов. Трансформация профиля сопровождается существенным изменением характера миграции веществ, гумусообразования, других почвенных процессов. Загрязнённые почвы переходят в отдел химически-преобразованных – хемозёмы (Классификация и диагностика почв России, 2004).

В этих условиях органическое вещество почв выступает одним из важнейших факторов, определяющих поведение тяжелых металлов в почве и их доступность для растений. Органическое вещество имеет высокую катионообменную способность, связанную с наличием в его структуре

различных функциональных групп. Гумусовые кислоты можно рассматривать как моно-, би- или полидентатные лиганды с большим набором функциональных групп, характеризующихся различной способностью к связыванию ионов металлов. До 23 % от массы молекул гуминовых кислот и 61 %-фульвокислот может приходиться на функциональные группы, в их составе находится около 54 % от общего содержания кислорода в гумусовых кислотах (Мотузова, 1988). В условиях кислой и нейтральной среды в реакциях обмена с металлами участвует водород карбоксильных групп, в щелочных условиях – фенольных и спиртовых. Наиболее активны в фиксации металлов карбоксильные группы (Пинский, 1983). Органические соединения в почве способны образовывать с тяжелыми металлами различные по растворимости комплексы, поэтому способность почв связывать металлы или содержать их в растворенном виде сильно зависит от характера и количества органического вещества. Взаимодействие между гуминовыми веществами и металлами может быть описано с помощью явлений ионного обмена, сорбции на поверхности, коагуляции и пептизации. Основными продуктами взаимодействия являются простые соли – гуматы и фульваты тяжелых металлов, а также комплексные и внутрикомплексные (хелатные) металлосодержащие соединения (Ильин, 1991). Важное значение имеет соотношение массовых долей: органическое вещество/металл. При небольшом превосходстве количества органического вещества образуются растворимые комплексы. Формы связи растворимых органических веществ с тяжёлыми металлами могут быть различными, однако преимущественно реакции идут по пути образования солей гумусовых кислот с катионами тяжёлых металлов и вовлечение их с помощью координационных связей в комплексные соединения хелатного типа (Ильин, 1979). Прочность связи тяжёлых металлов в этих соединениях неодинакова: гуматы и фульваты тяжёлых металлов освобождают катион уже в результате обменной реакции, для разрыва же хелатной связи требуется приложение большей энергии. Органические вещества сильно различаются по способности к взаимодействию с тяжелыми металлами. Медь, цинк, свинец и марганец образуют комплексы с гуминовыми кислотами во много раз лучше, чем с фульвокислотами. Обе кислоты часто обнаруживают большее сродство к Cu и Pb, чем к Fe и Mn. Реакция среды влияет на сорбцию металлов гуминовыми кислотами и фульвокислотами, а также на подвижность металлорганических соединений. Например, максимальная доля Cu связывается ГК при pH около 4-5, а ФК – при pH=6-7. Комплексы ионов железа, кобальта, никеля, кадмия, меди и марганца с гуминовой кислотой растворяются при pH 3-9,5 и осаждаются при pH 1-3 (Кабата-Пендиас А., Пендиас Х., 1989). Растворимые комплексы с тяжёлыми металлами образуют низкомолекулярные органические вещества, например, щавелевая, лимонная, янтарная и другие кислоты, таниды, сахара, фенолы и т.д. (Кабата-Пендиас,

Пендиас, 1989). Металлы, связанные в комплексы с фульвокислотой, более доступны для корней растений, чем комплексы тяжёлых металлов с гуминовыми кислотами, которые могут быть как водно-растворимые, так и нерастворимые. По данным А.И. Карпухина и других исследователей (Карпухин, Яшин, Черников, 1993), металло-фульватные комплексы являются одним из компонентов водорастворимых органических веществ, играющих важную роль в миграции тяжёлых металлов и способных активно включаться в трофические цепи экосистем.

### **5.2.2. Устойчивость к внешнему воздействию системы соединений типоморфных химических элементов почвы (кремний, алюминий, железо и др.)**

Хемоорганические отложения редких и рассеянных элементов условно подразделяют на две основные группы (Летникова, 2000): типоморфные элементы и элементы-примеси. В первую группу входят типоморфные элементы, характер миграции и способность к осаждению которых даёт представление о физико-химических особенностях обстановок накопления. Изучение закономерностей их распределения имеет значение при реконструкциях физико-химической и тектонической обстановок седиментогенеза: относительной глубины накопления, удалённости от суши, окислительно-восстановительных условиях и др. Причём, изучение распределения каждого из этих элементов рассматривается во взаимосвязи друг с другом, и выводы об обстановках осадконакопления делаются только на основании всей суммы особенностей накопления этих элементов. Это связано с тем, что один и тот же элемент способен накапливаться в диаметрально противоположных обстановках.

По определению А.И. Перельмана (1968), типоморфными называются «химические элементы, ионы и соединения, миграция которых определяет характерные геохимические особенности данного эпигенетического процесса. Типоморфными могут быть только главные элементы, обладающие высоким Кларком (Si, Al, Fe, Ca, Mg, Na, K, S, P, Cl, Ti), слагающие основную массу горных пород, являющиеся своего рода «геохимическими диктаторами» и определяющие условия миграции других элементов (окислительно-восстановительные, щелочно-кислотные и др.). Однако, не все главные элементы являются типоморфными. Наибольшую роль играют те, которые активно мигрируют в определённых условиях и вместе с тем способны к некоторой концентрации. Поэтому *принцип подвижных компонентов*, разработанный А.И. Перельманом (1955), гласит «геохимические особенности гипергенных процессов характеризуются наиболее активно мигрирующими и одновременно накапливающимися главными элементами, которые и являются типоморфными».

Итак, установлено, что имеются подвижные и инертные формы нахождения химических элементов в почве. Под подвижной формой понимается такое состояние химического элемента в почве, находясь в котором элемент легко может переходить в раствор и мигрировать. Под инертной формой понимается такое состояние химического элемента в почве, находясь в котором, элемент в условиях данной обстановки обладает низкой миграционной способностью и не способен переходить в раствор и мигрировать. Зона гипергенеза в процессе развития претерпевает вертикальную дифференциацию на ряд геохимических систем, представляющих собой особые биокосные многофазные природные тела. Одна из них - почва. Геохимическое своеобразие такого природного тела определяется сочетанием биогенной и физико-химической (иногда также механической) миграцией. Твёрдая, жидкая, газообразная фазы в этом биокосном теле тесно связаны между собой и взаимообусловлены. В зоне гипергенеза форме коллоидных осадков и растворов в почвах находятся следующие химические элементы и их соединения: гумусовые вещества, коллоидные осадки гидроокислов железа, кремния, марганца, алюминия, частично глинистые минералы. Миграция химических элементов в почвах, сформированных на водоразделах и склонах при глубоком залегании грунтовых вод в условиях муссонного климата (бурозёмы типичные, структурно-метаморфические, текстурно-метаморфические, подбел тёмногумусовый типичный) складывается из двух противоположных процессов. Растения поглощают из атмосферы углекислый газ, из почвы – минеральные элементы. Растения избирательно поглощают элементы в количествах, не пропорциональных их содержанию в горных породах. Если в горных породах элементы-биофилы составляют доли процента, то сами растения накапливают эти элементы в десятки и сотни раз больше. После отмирания растения и минерализации его остатков верхняя часть почвы обогащается этими элементами, то есть происходит биогенное накопление химических типоморфных элементов. В данном случае происходит перекачка химических элементов из нижних генетических горизонтов в верхние. В противоположном направлении действуют просачивающиеся атмосферные осадки, с которыми растворимые соединения перемещаются из верхних горизонтов почвы в нижние. С этими нисходящими растворами мигрируют гумусовые вещества и минеральные соли, а также соединения тяжёлых металлов (коллоидные осадки гидроокислов железа, кремния, марганца, алюминия). Большая часть этих соединения выпадают из раствора в нижние генетические горизонты, образуя, так называемый, иллювиальный горизонт. Биогенная аккумуляция и выщелачивание в рассматриваемых почвах протекают с различной интенсивностью, в связи с чем суммарный эффект распределения элементов в разных типах почв различен. В результате почвенная масса расчленяется на ряд генетических горизонтов мощность от

нескольких сантиметров до нескольких десятков сантиметров. Каждый горизонт характеризуется особыми физико-химическими условиями и свойствами. В связи с тем, что разные типы почв имеют различное строение профиля, различно и распределение гидроокислов железа, кремния, марганца, алюминия. Встречаются также почвенные профили, в которых содержание полуторных окислов может колебаться, причём скачок в содержании может происходить на расстоянии нескольких сантиметров по вертикали.

Рассматриваемым почвам, развитым в условиях муссонного климата, присуще накопление гумуса и ряда минеральных элементов в самой верхней части – в гумусовом горизонте. В текстурно-метаморфических почвах и подбеле тёмногумусовом типичном под гумусовым горизонтом располагается горизонт, из которого вымыты более подвижные соединения, и в нём накапливаются менее подвижные элементы (преимущественно Si). Для этих же почв характерен горизонт концентрации соединений  $\text{Fe}^{+3}$  и  $\text{Mn}^{+2}$ , вымытых из верхней части – иллювиальный горизонт. Из верхнего гумусового горизонта вымываются минеральные и органические коллоиды, которые частично осаждаются в иллювиальном горизонте, придавая ему большую глинистость. Эти коллоиды могут адсорбировать химические элементы-загрязнители, поступающие на поверхность почвенного покрова в техногенно-неблагоприятных районах.

В почвах, сформированных на поверхностях с близким залеганием уровня грунтовых вод (от 1-2 м до 5-6 м) – перегнойно-глеевые, гумусово-гидрометаморфические, аллювиальные дерново-глеевые, тёмногумусовые глеевые, глеезёмы, торфозёмы, наряду с биогенной аккумуляцией и выщелачиванием происходит накопление химических элементов из грунтовых вод, накопление легкорастворимых солей в аллювиальных серогумусовых, пойменных слоистых.

По воззрениям К.К. Гедройца, катионы, участвующие в реакциях обмена, находятся в химической связи с поверхностными молекулами почвенных частиц. Возможности этой химической связи обуславливаются существованием поверхностной энергии, а также тем, что почвенные коллоидально-раздробленные частички, будучи заряжены отрицательным электричеством, притягивают к своей поверхности катионы электролитов почвенного раствора, где эти катионы и вступают в реакцию обмена с анионами молекул, расположенных на поверхности частичек. Таким образом, по представлению К.К. Гедройца, при реакции обмена катионы вступают в химическую связь с поверхностными молекулами частицы, то есть входят в состав кристаллической решётки последней. Вместе с тем причину поглощения катионов К.К. Гедройц видит в поверхностной энергии и наличии у частиц электрического заряда. Способные к обмену катионы находятся в почвах в различном состоянии. Они представляют собой:

- ионы адсорбционного и диффузного слоёв мицеллы;
- ионы кристаллической решётки, которые при раздроблении оказываются на внешней поверхности частицы;
- ионы кристаллической решётки, выходящие на внутреннюю поверхность в межпакетном пространстве.

Известно, что при насыщении почвы различными катионами наблюдается неодинаковое поглощение их в процессе обменных реакций. Одни катионы энергично вытесняют ионы, находящиеся в поглощённом состоянии, и сами, будучи поглощены почвой, с трудом переходят в раствор. Другие менее активно участвуют в обменных реакциях и легко переходят из поглощённого состояния в свободное.

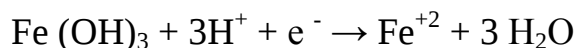
Все возрастающее внимание к охране окружающей среды вызвало особый интерес к вопросам воздействия на почву тяжелых металлов. С исторической точки зрения интерес к этой проблеме появился с исследованием плодородия почв, поскольку такие элементы, как железо, марганец, медь, цинк, молибден и, возможно, кобальт, очень важны для жизни растений и, следовательно, для животных и человека. Они известны и под названием микроэлементов, потому, что необходимы растениям в малых количествах. К группе микроэлементов относятся также металлы, содержание которых в почве довольно высокое, например, железо, которое входит в состав большинства почв и занимает четвертое место в составе земной коры (5%) после кислорода (46,6%), кремния (27,7%) и алюминия (8,1%). Все микроэлементы могут оказывать отрицательное влияние на растения, если концентрация их доступных форм превышает определенные пределы. До тех пор, пока тяжелые металлы прочно связаны с составными частями почвы и труднодоступны, их отрицательное влияние на почву и окружающую среду будет незначительным. Однако, если почвенные условия позволяют перейти химическим элементам-загрязнителям в почвенный раствор, появляется прямая опасность загрязнения почв, возникает вероятность проникновения их в растения, а также в организм человека и животных, потребляющие эти растения. Кроме того, тяжелые металлы могут быть загрязнителями растений и водоемов в результате использования сточных и ливневых вод. Опасность загрязнения почв и растений зависит: от вида растений; форм химических соединений в почве; присутствия элементов противодействующих влиянию тяжелых металлов и веществ, образующих с ними комплексные соединения; от процессов адсорбции и десорбции; количества доступных форм этих металлов в почве и почвенно-климатических условий. Следовательно, отрицательное влияние тяжелых металлов зависит, по существу, от их подвижности, т.е. растворимости. Тяжелые металлы в основном характеризуются переменной валентностью, низкой растворимостью их гидроокисей, высокой способностью образовывать комплексные соединения и, естественно, катионной способностью. К факторам, способствующим

удержанию тяжелых металлов почвой относятся: обменная адсорбция поверхности глин и гумуса, формирование комплексных соединений с гумусом, адсорбция поверхностна и окклюзирование (растворяющие или поглощающие способности газов расплавленными или твердыми металлами) гидратированными окислами алюминия, железа, марганца и т.д., а также формирование нерастворимых соединений, особенно при восстановлении.

Наблюдение за изменением тяжелых металлов в почве невозможно без знания факторов, определяющих их подвижность. Процессы передвижения удержания, обуславливающие поведение тяжелых металлов в почве, мало чем отличаются от процессов, определяющих поведение других катионов. Хотя тяжелые металлы иногда обнаруживаются в почвах в низких концентрациях, они формируют устойчивые комплексы с органическими соединениями и вступают в специфические реакции адсорбции легче, чем щелочные и щелочноземельные металлы. Миграция тяжелых металлов в почвах может происходить с жидкостью и суспензией при помощи корней растений или почвенных микроорганизмов. Миграции растворимых соединений происходит вместе с почвенным раствором (диффузия) или путем перемещения самой жидкости. Вымывание глин и органического вещества приводит к миграции всех связанных с ними металлов. Из всех видов миграции самая важная – миграция в жидкой фазе, потому что большинство металлов попадает в почву в растворимом виде или в виде водной суспензии и фактически все взаимодействия между тяжелыми металлами и жидкими составными частями почвы происходит на границе жидкой и твердой фаз.

В круговороте тяжелых металлов участвуют различные биологические барьеры, вследствие чего происходит выборочное бионакопление, защищающее живые организмы от избытка этих элементов. Все же деятельность биологических барьеров ограничена, и чаще всего тяжелые металлы концентрируются в почве. Устойчивость почв к загрязнению ими различна в зависимости от буферности. Почвы с высокой адсорбционной способностью соответственно и высоким содержанием глин, а также органического вещества могут удерживать эти элементы, особенно в верхних горизонтах.

В тяжелых по гранулометрическому составу почвах муссонного климата при обычных значениях pH среды Fe накапливается в виде  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ . При малом содержании кислорода понижается окислительно-восстановительный потенциал (ОВП) почвы, что способствует восстановлению  $\text{Fe}^{+3}$  в  $\text{Fe}^{+2}$ :



Железо переходит в форму, усвояемую растениями. Поскольку при анаэробных условиях, присущих глеезёмам и торфозёмам, возможность

усвоения железа возрастает, то увеличивается его токсичность. Это явление характерно и для почв, развитых на территориях возделывания культуры риса. Железо одновременно входит в кристаллическую решётку алюмосиликатов, в гётит  $\text{FeOOH}$ , гематит  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и различных гидроксидов. По мере расхода наиболее растворимых соединений  $\text{Fe}^{3+}$  его концентрация поддерживается в почвенном растворе другими соединениями железа. Соединения кремния в почвенном растворе представлены ортокремниевой кислотой  $\text{H}_4\text{SiO}_4$  или ее полимерными формами, а в твердых фазах одновременно сосуществуют аморфный и кристаллический диоксид кремния  $\text{SiO}_2$  (кварц), минералы группы алюмосиликатов. В крупных песчаных фракциях почв преобладают каркасные алюмосиликаты, во фракции менее 1 мкм — слоистые алюмосиликаты, из них наиболее распространены монтмориллонит, каолинит и гидрослюды.

В настоящее время в почвоведении накоплено достаточно много сведений о содержании и соединениях в почвах основных типоморфных элементов, диагностирующих главный почвообразовательный процесс в почвенном профиле, элементов-биофилов, энергично переходящих из почв в состав растений. К ним относятся кремний, алюминий, железо и другие. С их помощью можно сделать прогноз регулирования уровня содержания химических элементов и их подвижности в почвах, создать технические системы управления состоянием в почвах химических элементов, с недостатком или избытком которых связана возможность возникновения опасных экологических ситуаций.

Сложность состава почв, большой набор химических соединений обуславливает возможность одновременного протекания различных химических реакций и способность твёрдой фазы почв поддерживать сравнительно постоянный состав почвенного раствора. Поддержание постоянства состава почвенного раствора называется буферностью почв.

### **5.2.3. Механизмы устойчивости системы соединений основных элементов питания растений (фосфор, калий, азот и др.) в почвах агроценозов**

Специфика факторов почвообразования в пределах каждого элемента зональности определяет ведущие процессы естественной и антропогенной трансформации, а почвенно-генетический потенциал — устойчивость к ним почв. Анализ взаимодействия процессов трансформации показал, что современные почвы испытывают разнонаправленное воздействие процессов антропогенной трансформации. Механизм антропогенных трансформационных процессов заключается в том, что комплекс антропогенных факторов приводит к отклонению от "экологической нормы". Считается, что интенсивность и характер воздействия антропогенеза динамичны во времени, поэтому в какой-то его отрезок, когда устраняется

действие антропогенных нагрузок, естественные процессы, запускаемые комплексом факторов (почвенно-генетическим "фоном"), стремятся вернуть почвы в исходное состояние. Успешность и сроки восстановления напрямую зависят от характера антропогенного воздействия, от глубины трансформации свойств почв. Наиболее длительный путь восстановления проходят почвы, у которых антропогенезом был нарушен генетический профиль, прежде всего пахотные почвы. В агрозёмах появляется пахотный горизонт (агрогумусовый, серогумусовый, агроторфяной и т.д.) существенно отличающийся по структуре, физико-химическим свойствам от естественного (гумусово-элювиального, серогумусового, тёмногумусового, и т.д.) горизонта. Антропогенная трансформация почв является следствием хозяйственной деятельности разной направленности и степени интенсивности.

## **6. МОНИТОРИНГ ГОРОДСКИХ ЗЕМЕЛЬ**

### **6.1. Система показателей состояния почв для мониторинга химического загрязнения**

При наблюдении за уровнем загрязнения почв необходимо не только определить состав и концентрацию загрязнителей, но и возможное развитие процессов их перераспределения, выноса в дальнейшем при сохранении существующих условий в случае проведения мероприятий по уменьшению уровня загрязнения. Такие мероприятия существенно изменяют водный, солевой, биологический и другие режимы. В составе атмосферных выбросов, загрязняющих почву, принято выделять макро- и микроэлементы, газы и гидрозоли, сложные органические соединения. Предполевая подготовка к проведению почвенного опробования проводится, как правило, в зимний период и включает:

- 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.

При проведении работ необходимо иметь в виду:

- влияние химических веществ антропогенного происхождения на почвенный покров, особенно вблизи источников загрязнения, комплексно;
- негативные последствия загрязнения почв проявляются на региональном и даже глобальном уровне.

Содержание и характер наблюдений за уровнем загрязнения почв и их картографированием в сельских и городских условиях имеют свою специфику. Наблюдения должны обеспечивать решения следующего круга задач:

- регистрацию современного уровня химического загрязнения почв, выявление географических закономерностей и динамики временных изменений загрязнения почв;
- предоставление информации об уровне загрязнения почв заинтересованным организациям.

- прогноз тенденций изменения химического состава почв в ближайшем будущем и оценку возможных последствий загрязнения почв;
- разработку природоохранных мероприятий, направленных на улучшение состояния загрязненных почв.

Исходя из перечисленных выше задач, можно выделить следующие 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.

При развёрнутых стационарных наблюдениях отбор проб проводится в любое время года. В остальных случаях - в сухой период, т. е. летом или в начале осени. При выборе участков наблюдения город (промышленный комплекс) размещают в центре карты. Из центра 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. Затем на карту наносят контур многолетней розы ветров, самый большой вектор которой 20 - 30 км, соответствует наибольшей повторяемости ветров. В направлении радиусов строят секторы шириной от 200-300 м до 1-3 км для работы в масштабе 1: 10000. Правильно проведённые рекогносцированные работы и анализ материалов, собранных в предполевой период, анализ объединённых проб, взятых из верхних слоев почвы, позволяет значительно сократить время и затраты на проведение основных работ на ключевых участках. Ключевые участки включают фоновые и техногенные. Ими должны быть охарактеризованы все ландшафтно-геохимические условия, типичные почвы и биоценозы. Непосредственно в городской черте отбор проб производится по квадратной сетке, обеспечивающей плотность 5-6 проб на 100 га, методом конверта со стороной 5-10 м с глубины 20 см. По результатам исследований составляются специализированные карты на топографической основе. Карты сопровождаются пояснительной запиской, в которой приводится описание методики отбора проб, виды и характеристики использованных видов анализа, физико-географические и метеорологические условия региона, даётся характеристика источников загрязнения. Результаты анализов представляются в табличной форме.

## **6.2. Организация наблюдений за уровнем химического загрязнения почв тяжелыми металлами и нефтью**

В настоящее время разработка программ наблюдения за химическим загрязнением почв является актуальной задачей. Создание таких программ, прежде всего, требует адекватной оценки современного состояния почв и прогноза изменений этого состояния. Получение такой информации - задача системы наблюдений за уровнем химического загрязнения почв, т.е. системы наблюдений и оценки состояния почв, испытывающих воздействие антропогенных загрязняющих веществ. Перед осуществлением полевой программы наблюдений за уровнем загрязнения почв тяжелыми металлами (Дьяченко, 2003) в природных и сельскохозяйственных ландшафтах необходимо провести планирование работ:

- определить примерное количество точек отбора почв, которые дадут основной физический материал;
- составить схему их территориального размещения;
- наметить полевые маршруты или последовательность обработки площадей;
- установить календарные сроки исполнения задания.

Помимо этого следует проверить наличие и качество топографического материала, а также тематических карт (почвенных, геоботанических, геологических, геохимических и др.). Необходимо собрать следующие сведения об источниках:

- загрязнения почв;
- расположение;
- используемое сырье;
- объем производства;
- отходы.

Наблюдения за уровнем загрязнения почв тяжелыми металлами в городах и на окружающей территории носят характер экспедиционных работ и поэтому включают в себя все мероприятия по подготовке к ним. Время проведения экспедиционных работ и отбора почв не имеет значения. Однако удобнее сбор материалов проводить в сухое время года, в период уборки урожая основных сельскохозяйственных культур, т.е. летом и в начале осени. При развернутых стационарных наблюдениях отбор проб производится независимо от времени экспедиционных работ. *Повторные наблюдения* за уровнем загрязнения почв тяжелыми металлами ранее обследованных территорий осуществляются через 5-10 лет. Протяженность зоны загрязнения почв определяется скоростью и частотой ветров данного румба (розой ветров), характером выбросов в атмосферу (плотностью вещества, дисперсностью частиц), высотой труб, рельефом территории, растительностью и т.д. На подготовленный таким образом план местности

наносятся контуры многолетней розы ветров по 8-16 румбам. Самый большой вектор, соответствующий наибольшей повторяемости ветров, откладывается в подветренную сторону; его длина составляет 25 - 30 см. Таким образом, в контур, образованный розой ветров, схематически включается территория наибольшей загрязненности тяжелыми металлами. В направлении радиусов строятся секторы шириной 200 - 300 м вблизи источников загрязнения с постепенным расширением до 1 - 3 км; в местах пересечения осей секторов с окружностями располагаются ключевые участки, на них располагают сеть опорных разрезов, пункты и площадки взятия проб (Гришина, Копчик, Моргун, 1991).

*Под ключевым участком* (рис. 32) понимается участок (1 - 10 га и более), характеризующий типичные, постоянно повторяющиеся в данном районе сочетания почвенных условий и условий рельефа, растительности и других компонентов физико-географической среды. Основную долю ключевых участков следует располагать в направлении двух экстремальных лучей (румбов) розы ветров.

При нечетко выраженной розе ветров участки должны характеризовать территорию равномерно в направлении всех румбов розы ветров. Если есть основание полагать, что миграция тяжелых металлов связана с водными потоками, то направление лучей нужно согласовывать с вектором водной миграции. Общее количество участков должно быть равно 15 - 20. Чтобы лучше понять взаимосвязь между, качеством почв, природными и хозяйственными условиями района, проводится предварительное *рекогносцировочное обследование* местности. Во время рекогносцировки проверяются и закрепляются почерпнутые из литературы или других источников сведения, формируются, личные воззрения и закрепляются в памяти многие важные особенности объекта предстоящих обследований. Рекогносцировочные обследования проводятся маршрутным, путем более или менее подробно в зависимости от природной, сложности территории, степени ее изученности, площади и масштаба обследований. При детальном обследовании загрязнения почв вокруг единичного источника загрязнения достаточно один - два раза пересечь участок. При, больших площадях (обследование сельскохозяйственных полей, местности вокруг городов и т.д.) рекогносцировочное. обследование требует значительных усилий и времени. Чтобы охватить маршрутами местность, ее пересекают по главным орографическим элементам (Беккер и др., 1989).

В результате рекогносцировки выявляются:

- основные ландшафтные особенности территории;
- общие закономерности пространственных изменений почвенного покрова;
- главные формы почвообразования и др.

Параллельно идет ознакомление с:

- местным фондовым материалом;
- сведениями о климате и микроклимате;
- погодными условиями последних лет;
- заболеваниями людей, причина которых – повышенное содержание тяжелых металлов в экосистеме.

Некоторая затрата рабочего времени на рекогносцировочное обследование территории до начала основных работ, как правило, окупается экономией сил и времени в последующем проведении полевых работ.

При оценке степени загрязнения территории тяжелыми металлами ввиду чрезвычайно большой трудоемкости и стоимости не всегда применяется сплошная съемка загрязненных почв. Целесообразнее и экономичнее проследить пути воздушного и водного загрязнения почв, анализируя объединенные образцы из верхних слоев почв с площадок. Более *детальное исследование* нужно проводить на *ключевых участках*, расположенных в секторах-радиусах вдоль преобладающих воздушных потоков. Изучение процессов загрязнения почв на ключевых участках проводится более детально, чем на остальной территории; оно довольно трудоемко и требует много времени. Ключевые участки размещают на обследуемой территории так, чтобы они характеризовали все возможные ландшафтно-геохимические условия, разнообразие генезиса, состава и сочетания почв, типичные биоценозы и, конечно, фоновые и техногенные участки. При наблюдениях за уровнем загрязнения почв тяжелыми металлами большое значение имеет сравнение изменений, происходящих по мере увеличения или уменьшения влияния того или иного фактора, и вызванных этими изменениями закономерных смен степени загрязнения почв различными ингредиентами в пространстве. Наиболее четко эти закономерности можно выявить на почвенно-геоморфологических профилях, секущих всю территорию вдоль преобладающих направлений ветра, что является исключительно ценным методом познания сопряженных связей между распределением загрязняющих веществ в почвах и средой.

*Под почвенно-геоморфологическим профилем* следует понимать заранее выбранную узкую, стремящуюся к линии полосу земной поверхности, на которой установлена корреляция степени загрязнения почв с одним или несколькими экологическими факторами. Почвенно-геоморфологические профили закладываются по векторам розы ветров. Профили не могут полностью заменить ключевые участки, особенно в тех случаях, когда изменение степени загрязнения почв обусловлено характером микрорельефа, связь которого с загрязнением почв наиболее наглядно проявляется на большой территории. Следовательно, почвенно-геоморфологические профили и ключевые участки должны дополнять друг друга. Известно, что

техногенные выбросы, загрязняющие почвенный покров через атмосферу, сосредотачиваются в поверхностных слоях почвы. Тяжелые металлы сорбируются, как правило, в первых 2 - 5 см от поверхности. Загрязнение нижних горизонтов происходит в результате обработки почвы (вспашки, культивации, боронования), а также вследствие диффузионного и конвективного переноса через трещины, ходы почвенных животных и растений. Поэтому наиболее четкая картина загрязненности почвенного покрова тяжелыми металлами может быть получена при отборе проб почв с глубины 0 - 10 и 0 - 20 см на пашне и с глубины 0 - 2,5; 2,5 - 5,0; 5 - 10; 10 - 20; 20 - 40 см на целине или старой залежи. Объединенная проба составляется, как правило, *методом конверта*. Все дальнейшие операции с первичной обработкой почв аналогичны операциям, осуществляемым при контроле за загрязнением почв пестицидами. После отбора проба почвы направляется на анализ в лабораторию. К каждой пробе прилагается талон, содержащий основные необходимые сведения о самой почве и условиях ее отбора. В сопроводительном талоне указывается:

- порядковый номер образца;
- число;
- месяц и год отбора;
- либо фактическое название, либо номер или условное обозначение пункта наблюдения, расшифрованное в рабочем журнале.

При наблюдениях за уровнем загрязнения почв тяжелыми металлами в сопроводительном талоне указываются:

- расстояние от источника загрязнения или внешней границы города, а также направление от источника загрязнения - азимуты по 16 направлениям (север, северо-северо-восток, северо-восток и т.д.); показатели рельефа местности;
- крутизна склонов;
- их экспозиция (северная, восточная, южная и западная); часть склона (верхняя, средняя или нижняя треть);
- основные точки и линии рельефа территории, на которой закладывается
- площадка;
- вершины, котловины, водоразделы, поймы;
- глубина залегания грунтовых вод, определяемая по глубине колодцев (открытых и артезианских);
- сельскохозяйственная культура (настоящая и предшествующая) или естественная растительность и их состояние (удовлетворительное, хорошее, неудовлетворительное);
- состояние поверхности почвы:

- наличие или отсутствие микроповышений или микропонижений, борозд,
- кочек;
- отмечается качество обработки почвы.

Пробы почв и сопроводительные талоны к ним сохраняются в лаборатории в течение полутора - двух лет. В целях установления интенсивности поступления тяжелых металлов в почву ежегодно проводится отбор проб снега. Объединенный образец снега с площади 1 га составляется из 20 - 40 точечных проб. Пробы снега следует брать ранней весной до начала подснежного стока талой воды. В городах естественная почва, как правило, заменена насыпными сильно перекопанными грунтами. Насыпной слой может представлять собой вынутую при строительстве пустую породу и привезенный грунт или дерн, который укладывают на газоны.

Программа наблюдений за уровнем загрязнения почв тяжелыми металлами в городах должна учитывать:

- планировку населенного пункта;
- гипсометрию местности;
- высоту построек;
- густоту расположения построек;
- влияние всего этого на направление потоков воздуха;
- распределение атмосферных осадков и ливневого стока;
- долю участия в загрязнении территории города автотранспорта и местных промышленных предприятий и предприятий энергетики.

Помимо этого, в городах неизбежно бытовое (локальное) загрязнение и наличие неорганизованных старых и современных свалок, сжигание мусора. В этих условиях отбор почв приходится производить:

- на газонах;
- в садах;
- в парках;
- в скверах;
- во дворах.

Содержание тяжелых металлов в отобранных пробах, как правило, имеет высокую дисперсию. В связи с этим отбор проб почв в городских условиях следует производить по сечке квадратов такого масштаба, который обеспечил бы частоту отбора проб почв не менее 5-6 образцов на 100 га. Такая частота проб почв обеспечивает получение данных для составления карт загрязненности почв на территории городов. Отбор проб осуществляется методом конверта со стороной 5 - К) м с глубины 20 см.

Особый интерес представляет микробиологический мониторинг почв загрязненных нефтью. Загрязнение нефтью и нефтепродуктами сточными водами являются одним из наиболее опасных промышленных загрязнений.

Площадь загрязнения и его интенсивность постоянно возрастает в соответствии с повышением интенсивности нефтедобычи и расширением её географии. Биологический мониторинг является наиболее информационным и интегральным методом оценки степени и эффективности восстановительных процессов. Он базируется на показателях жизнедеятельности биомы: численности микроорганизмов, состоянии растительного покрова, численности и биомассы животных, соотношении различных видов и экологических групп.

Разработаны методы рекультивации земель, загрязнение нефтью, нефтепродуктами и нефтепромысловыми водами. Мероприятия по восстановлению агроценозов почв лесостепной зоны включают интенсивное рыхление, промывку, внесения удобрений как минеральных, так и органических, влагозадержание, химическую и биологическую мелиорацию. Мероприятия проводятся в определённой последовательности, требуют определённых затрат средств и времени, во всех случаях завершаются подбором устойчивых культур (рис. 26).



Рис. 26. Методы рекультивации почв, загрязненных нефтью: (а) и нефтепромысловыми сточными водами (б).

## ЛИТЕРАТУРА

Амиров Ф.А., Казанфарова В.К., Балабеков З.А. Изменение почв и растительности под влиянием рекреационного лесопользования // Лесоведение. - 1982. - № 6. - С. 21-25.

Анищенко И.Е. Синтаксономия газонов г. Уфы // Ботан. исследования на Урале. Свердловск, 1990. С. 6.

Анищенко И.Е., Ишбирдина Л.М. О сообществах класса *Plantaginetea majoris* в черте г. Уфы // Изучение, охрана и рацион. использ. прир. ресурсов. Вып. 1. Уфа: БФАН СССР, 1989. С. 101.

Аристовская Т.В. Микробиология процессов почвообразования. - Л.: Наука, 1980. - 185 с.

Артамонова В.С. Микробиологические особенности антропогенно преобразованных почв Западной Сибири. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2002. – 225 с.

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. – 183 с.

Бабьева И.П., Левин С.В., Решетова И.С. Изменение численности микроорганизмов в почвах при загрязнении тяжелыми металлами // Тяжелые металлы в окружающей среде. - М.: Труд, 1980. - С. 115-120.

Бауер Л., Ваничке Ч. Забота о ландшафте и охрана природы - М.: Прогресс, 1971. - 264 с.

Баширова Ф.Н. Некоторые показатели промышленного и бытового загрязнения почв в городах Кузбасса // Охрана природы на Урале. – Свердловск: Урал, 1966. - Вып.V. - С. 79-83.

Баширова Ф.Н. Характеристика почв промышленных городов Кузбасса в связи с озеленением. Автореф. дис. канд. наук. – Новосибирск, 1975. - 25с.

Баштавой Н.Г. Пространственная структура ценопопуляций некоторых неморальных трав на рекреационном градиенте // Тез. докл. V науч. конф. «Популяции и сообщества: экология, биоразнообразие, мониторинг». Кострома: Изд-во КГПУ, 1996. Ч.2. С. 98-99.

Баштавой Н.Г., Дубонос В.Н. Возрастная структура ценопопуляций *Aegorodium podagraria* L. по градиенту рекреации // Тез. докл. V науч. конф. «Популяции и сообщества: экология, биоразнообразие, мониторинг». Кострома: Изд-во КГПУ, 1996. Ч. 2. С. 100-101.

Баштавой Н.Г., Мельник Т.И. Виталитетная структура ценопопуляций лесных травянистых растений в зонах урбанизации // Урбанизоване навколишнє середовище: охорона природи та здоров'я людини. Київ: Наук. думка, 1996. С. 212-215.

Безель В.С., Жуйкова Т.В., Позолотина В.Н. Структура ценопопуляций одуванчика и специфика накопления тяжелых металлов // Экология. 1998.

№ 5. С. 376-382.

Безуглова О.С., Горбов С.Н. Влияние урбанизации на гумусное состояние чернозема // Тез.докл. II Международн. конф. «Гуминовые вещества в биосфере». М. – С-Пб., 2003. С.76-77. – Режим доступа : [есо-soil.ru/htmls/dokladi.htm](http://есо-soil.ru/htmls/dokladi.htm).

Безуглова О.С., Горбов С.Н., Давидчик В.Н., Евсеева Н.В., Юркова Е.Г. О биологической активности городских почв // Безопасность жизнедеятельности. Охрана труда и окружающей среды. - 1999. - № 3. - С. 39-41.

Беклемишев В.Н. Пространственная и функциональная структура популяций // Бюл. МОИП. Отд. биол., 1960. Т. 65. № 2. С. 41-50.

Бериня Дз.Ж., Карелина Л.В., Цекулия В.А. Нагрузки выбросов автотранспорта и загрязнение почв придорожной зоны тяжелыми металлами // Загрязнение природной среды выбросами автотранспорта. – Рига: Зинатне, 1980. – С. 16-27.

Будрейко Е. Н. Экология городов. Загрязнение почв, воды и воздуха, 2009. – Режим доступа : <http://www.portal-slovo.ru/impressionism/41495.php>.

Бурда Р.И. Антропогенная трансформация флоры. Киев: Наук. думка, 1991. 168 с.

Вайцеховская Е.Р., Галемина М.А. Ценопопуляции травянистых растений в нарушенных лесных сообществах // Флора, растительность и растительные ресурсы Забайкалья. Чита, 1997. Т. 2. С. 127-129.

Вакаров А.М., Пономарева О.С., Сабов В.А. Особенности состава атмосферного воздуха в населенных пунктах Закарпатской области и его влияние на состояние здоровья человека // Структурно-функциональные особенности естественных и искусственных биогеоценозов. Днепропетровск, 1978. С. 225-226.

Васильева Т.В., Петрик С.П. Адвентивні види американського походження у синантропній флорі м. Одеса // Укр. ботан. журн. 2000. Т. 57. № 1. С. 43-45.

Васильева-Немерцалова Т.В. Рослини – уніфікатори синантропної флори м. Одеси // Укр. ботан. журн. 1996. Т. 53. № 3. С. 288-290.

Вернадский В.И. Химическое строение биосферы Земли и ее окружения. - М.: Наука, 1965. – 374 с.

Владимиров В.В. Расселение и экология. М.: Стройиздат, 1996. 392 с.

Волова Т.Г. Экологическая биотехнология: Учеб. пособие. – Новосибирск: Сибирский хронограф, 1997. – 144 с.

Гантимуров И.И. К вопросу о метаморфозе почв городов по данным наблюдений в г. Новосибирске // Охрана природы на Урале. – Свердловск: Урал, 1966. - Вып.V. - С. 45-52.

Геохимия окружающей среды. - М.: Недра, 1990. - 335 с.

Герасимова М.И., Строганова Мю.Н., Можарова Н.В., Прокофьева Т.В. Антропогенные почвы (генезис, география, рекультивация) / Под ред. Г.В.

Добровольского. Смоленск: Ойкумена, 2003.- 268 с.

Гетко Н.В. Растения в техногенной среде. Минск: Наука и техника, 1989. 208 с.

Гигиеническая оценка качества почвы населённых мест: Методические указания. МУ 2.1.7.730-99.

Глазовская М.А. Почвы Мира. География почв. - М.: Изд-во Московского ун-та.- 1973.- 428 с.

Глушкова Е.М., Соловьева Н.В., Булыгина Е.А. Изменчивость морфометрических показателей *Pinus silvestris* L. и *Betula pendula* Roth. в условиях загрязнения среды выбросами автотранспорта // Жизнь популяций в гетерогенной среде. Кн.2. Йошкар-Ола: Периодика Марий Эл, 1998. С. 159-160.

Горышина Т.К. Растения в городе. Л.: Изд-во ЛГУ, 1991. 152 с.

Гришина Л. А., Копчик Г. Н., Моргун Л. В. Организация и проведение почвенных исследований для экологического мониторинга. - М., 1991.

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.

Гришина Л.А., Орлов Д.С. Система показателей гумусного состояния почв // Проблемы почвоведения. – М.:Изд-во МГУ, 1978. - С. 42-47.

Добровольский И.А. Структурно-функциональные особенности искусственных лесных техногенных биогеоценозов степи // Структурно-функциональные особенности естеств. и искусств. биогеоценозов. Днепропетровск, 1978. С. 230.

Добровольский, Г. В. Экологическая роль почвы в биосфере и в жизни человека. Роль почв в биосфере. Труды ИЭП МГУ им. М. В. Ломоносова Вып. 8 (с. 5–23). М.: МАКС-Пресс.- 2007.

Добровольский, Г. В., Никитин, Е. Д. Функции почв в биосфере и экосистемах (экологическое значение почв). М.: Наука.- 1990.

Докучаев В.В. Детальное естественно-историческое, физико-географическое и сельскохозяйственное исследование Санкт-Петербурга и его окрестностей. (1890) Цит. по: Сочинения. - М.: Изд-во АН СССР, 1953. - Т. VII. - 447 с.

Долгова Л.Г. О фенолоксидазной активности почвы в условиях промышленного загрязнения // Почвоведение. – 1973. № 9. - С. 64-69.

Дубинин Н.П., Дубинина Л.Г. Анализ мутагенности питьевой воды в некоторых районах г. Москвы и Московской области // Докл. РАН, 1996. - Т. 350. - № 4. - С. 565-567.

Дыренков С.А. Изменения лесных биогеоценозов под влиянием рекреационных нагрузок и возможности их регулирования // Рекреационное лесопользование в СССР. М.: Наука, 1983. С. 20 - 34.

Емельянов А.Г. Природоохранные и экологические аспекты

взаимоотношений человека и окружающей среды. – М.: Прогресс, 1982. – 215 с.

Жарко Л.Е. Рост и развитие березы повислой в городских условиях // Ботанические исследования в Сибири. 1995. Вып. 4. С. 27-28.

Жуйкова Т.В., Позолотина В.Н., Безель В.С. Изменчивость морфологических признаков и жизнеспособности семенного потомства *Taraxacum officinale* s.l. в условиях техногенной нагрузки // Жизнь популяций в гетерогенной среде. Кн. 2. Йошкар-Ола: Периодика Марий Эл, 1998. С. 161-172.

Забросаев Н.С. Влияние антропогенных и природных факторов на дубравы Молдавии и особенности ведения хозяйства в рекреационных лесах // Рекреационное лесопользование в СССР. М.: Наука, 1983. С. 68 - 80.

Загуральская Л.М. Использование биохимических показателей для оценки степени техногенной деградации почв // Почвенные ресурсы Карелии, их рациональное использование (экологические проблемы). - Петрозаводск. – Карельск. науч. центр, 1992. – С. 132-142.

Загуральская Л.М. Микробиологическая диагностика почв хвойных лесов Севера при различных антропогенных воздействиях // Тез. докл. Всерос. совещ. и выездной науч. сессии "Антропогенное воздействие на природу Севера и его экологические последствия" – Апатиты, 1998. - С. 202-203.

Звягинцев Д.Г. Почва и микроорганизмы - М.: Изд-во МГУ, 1987. - 256 с.

Земляницкий Л.Т., Полтавская И.А., Желдакова Г.Г. Подготовка городских почвогрунтов для озеленения. - М.: Прогресс, 1962. - 30 с.

Иванова Р.Р., Ефремова Л.П. Влияние содержания серы на показатели жизнеспособности газонных трав // Жизнь популяций в гетерогенной среде. Кн. 2. Йошкар-Ола: Периодика Марий Эл, 1998. С. 155-156.

Ившин Н.В. Внутривидовая дифференциация «сборного» вида *Plantago major* L. // Жизнь популяций в гетерогенной среде. Кн. 1. Йошкар-Ола: Периодика Марий Эл, 1998. С. 199-210.

Ившина И.Б., Бердичевская М.В., Зверева Л.В., Рыбалка Л.В., Еловикова Е.А. Экологическая значимость родококков как деструкторов углеводов // Микробиология. - 1995. - Т. 64. - № 4. - С. 507-513.

Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. – Новосибирск: Наука, 1991, 150 с.

Ильминских Н.Г. Понятие «активность видов» и его место среди методов изучения растительного покрова // Растительный покров антропогенных местообитаний. Ижевск, 1988. С. 25-36.

Ильминских Н.Г., Шмидт В.М. Специфика городской флоры и ее место в системе других флор // Актуальные проблемы сравнительного изучения флор: Матер. 3-го рабочего совещ. по сравнительной флористике. СПб., 1994. С. 261-269.

Инженерно-экологические изыскания для строительства: СП 11-102-97.

Ишбирдин А.Р. О некоторых чертах синантропной растительности

- Владивостока // Бюл. МОИП. Отд. биол., 1999. Т. 104. Вып. 4. С. 65-69.
- Ишбирдин А.Р. Эколого-географические закономерности синантропной флоры России // Ботан. журн. 2001. Т. 86. № 3. С. 27-36.
- Ишбирдин А.Р., Сахапов М.Т., Соломещ А.И. Место рудеральных сообществ в агропромышленном ландшафте // Экологические проблемы агропромышленного комплекса Башкирской АССР. Уфа: БФАН СССР, 1986. С. 62.
- Ишбирдина Л.М., Ишбирдин А.Р. Динамика растительного покрова города Уфы за 60-80 лет // Ботан. журн. 1995. Т. 80. № 7. С. 40-49.
- Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989, 439 с.
- ПОКавтарадзе Д.Н., Игнатьева М.Е. Растительность урбанизированных территорий как предмет классификации в связи с задачами охраны природы // Науч. докл. высш. шк. Биол. науки. 1986. № 12. С. 54-59.
- Карасева М.А. Влияние атмосферного загрязнения на семеношение листовенницы сибирской // Жизнь популяций в гетерогенной среде. Кн. 2. Йошкар-Ола: Периодика Марий Эл, 1998. С. 160-161.
- Карпухин А.И., Яшин И.М., Черников В.А. Формирование и миграция комплексов водорастворимых органических веществ с ионами тяжелых металлов в таежных ландшафтах Европейского Севера. //Изв. ТСХА. 1993. Вып.2. С. 107-126.
- Качество почвы. Отбор проб. Часть 5.
- Классификация и диагностика почв России / Авторы и составители: Л.Л. Шишов, В.Д. Тонконогов, И.И. Лебедева, М.И. Герасимова.- Смоленск: Ойкумена, 2004.- 342 с.
- Классификация и диагностика почв СССР. М: Колос, 1977. 425 с.
- Клименко С.И., Орлова Е.Р. Экология и автомобильные дороги // Проблемы окр. среды и природных ресурсов. № 6. 1998. С. 112-121.
- Ковалёв И.В., Ковалёва Н.О. Эколого-функциональная роль почв в развитии цивилизации.- [www.isras.ru/.../2009\\_1/Kovalev.pdf](http://www.isras.ru/.../2009_1/Kovalev.pdf)
- Ковалева Н.О. Биосферный ресурс органического вещества почв. Оценка и учет почвенных ресурсов. Труды ИП МГУ – РАН. Вып. 3 (с. 126–139). М.: МАКС-Пресс.- 2003.
- Коваленко А.И. Устойчивость популяций подроста дуба красного в условиях техногенного загрязнения // Тез. докл. V науч. конф. «Популяции и сообщества: экология, биоразнообразие и мониторинг». Кострома: Изд-во КГПУ, 1996. С. 167.
- Ковда В. А. Проблемы защиты почвенного покрова и биосферы планеты. Пушино: ОНТИ НЦБИ АН СССР. -1989.
- Козырева С.В. Возрастно-виталитетная структура ценопопуляций *Plantago major* L. в различных природных сообществах // Жизнь популяций в гетерогенной среде. Кн. 1. Йошкар-Ола: Периодика Марий Эл, 1998. С.

114-117.

Кондратьев И.И., Свинухов В.Г., Свинухов Г.В. и др. Метеорологические, геохимические и медицинские аспекты загрязнения окружающей среды г. Спасска-Дальнего. - Владивосток: Изд-во ДВГУ, 1994. - 179 с.

Корляков А.С. Лугово-болотные почвы зоны рисосеяния Приморья. // Генезис и биология почв юга Дальнего Востока – Владивосток: ДВО РАН, 1994. с.274-285.

Костенков Н.М., Нестерова О.В., Пуртова Л.Н., Дербенцева А.М., Крупская Л.Т., Назаркина А.В., Пилипушка Н.В., Семаль В.А., Старожилов В.Т. Почвы ландшафтов Приморья (Рабочая классификация): учебно-методическое пособие. – Владивосток: Изд-во Дальневост. федерал. ун-та, 2011. – 112 с.

Костин С. Ю. Место и значение комплексов рудеральных местообитаний в урбаноландшафте // Урбанизоване навколишнє середовище: охорона природи та здоров'я людини. Київ: Наук. думка, 1996. С. 193-196.

Костюкевич И.И., Скворцов В.М. Изменение некоторых свойств эродированных почв под воздействием нефтепромысловых сточных вод // Эколого-токсикологическая характеристика г. Казани и пригородной зоны. - Казань: Изд-во Казан. унив-та, 1991. - С. 58-64.

Кочарян К.С. О некоторых вопросах улучшения почвенного покрова парков и улиц города Еревана // Изв. сельскохозяйств. наук. - 1979. - № 12. - С. 26-35.

Кочарян К.С. Эколого-экспериментальные основы зеленого строительства в крупных городах Центральной части России (на примере Москвы) - М.: Наука, 2000. - 184 с.

Критерии отнесения опасных отходов к классу опасности для окружающей природной среды: Утв.приказом МПР России от 15.06.2001 №511.

Кузнецова Т.В. Состояние и продуктивность сосновых насаждений зеленой зоны Киева в условиях хронического загрязнения атмосферы // Урбанизоване навколишнє середовище: охорона природи та здоров'я людини. Київ: Наук. думка, 1996. С. 132-135.

Кулинич И.Ю., Подгорная Т.И. Экологические основы градостроительства на Дальнем Востоке: учебное пособие / Координац.-информ. Центр по сотрудничеству в Евразии – Хабаровск: Б.и. 1997.- 104.с.

Кулинич С.В. Промышленное загрязнение атмосферы в городах и населенных пунктах Украины // Урбанизоване навколишнє середовище: охорона природи та здоров'я людини. Київ: Наук. думка, 1996. С. 71-74.

Куличева Н.Н., Лысак Л.В., Кожевин П.А., Звягинцев Д.Г. Бактерии в почве, опаде и филоплане городской экосистемы // Микробиология. - 1996. - Т. 65. - № 3. - С. 416-420.

Лепнева О.М. Обухов А.И. Тяжелые металлы в почвах и растениях территории МГУ // Вестник МГУ. Сер. 7. Почвоведение. - 1987. - № 1. - С. 36-42.

Летникова Е.Ф. Использование геохимических характеристик хемоорганогенных отложений при реконструкциях особенностей седиментогенеза в складчатых поясах.- <http://www.igg.uran.ru/Publications/Litsov.2000/litsov37.htm>

Лобова О.В., Жеребцова Г.П. Влияние городских условий на развитие вегетативных органов растений // Экология большого города. М.: Изд-во «Прима-Пресс», 1998. № 3. С. 74-83.

Ложниченко О.В., Волкова И.В., Зайцев В.Ф. Экологическая химия: учебное пособие для студ. высш. учебн. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2008.- 272 с.

Лысак Л.В., Сидоренко Н.Н., Марфенина О.Е., Звягинцев Д.Г. Микробные комплексы городских почв // Почвоведение. - 2000. - № 1. - С. 80-85.

Любарский С.Е. Влияние пастбищно-рекреационной нагрузки на ценопопуляцию подорожника большого // Популяции и сообщества: экология, биоразнообразие, мониторинг. Кострома: Изд-во КГПУ, 1996. С. 137.

Мазепа В.Г. Влияние техногенного загрязнения атмосферы на репродуктивные особенности *Pinus sylvestris* L. // Укр. ботан. журн. 1995. Т. 52. № 5. С. 654- 658.

Мазепа В.Г., Приступа Г.К. Влияние промышленных выбросов в атмосферу на некоторые структурные особенности лесных биогеоценозов // Тез. докл. 2-го Всесоюзн. совещ. «Общие проблемы биогеоценологии». Ч. 2. М., 1986. С. 21-23.

Максимова Г.Н. Ритмика развития естественных и техногенных фитоценозов // Структурно-функц. особенности естеств. и искусств. биогеоценозов. Днепропетровск, 1978. С. 237-238.

Мартыанов Н.А., Баталов А.А., Кулагин А.Ю. и др. Возрастная структура естественного возобновления древесных пород на промышленных отвалах Южного Урала // Тез. докл. 2-го Всесоюзн. совещ. «Общие проблемы биогеоценологии». Ч. 2. М., 1986. С. 112-113.

Марфенина О.Е. Антропогенные изменения комплексов микроскопических грибов в почвах. Автореф. дисс. докт. биол. наук. – М., 1999. – 40 с.

Марфенина О.Е. Микробиологические аспекты охраны почв: Уч. пособие - М.: Изд-во МГУ, 1991. - 118 с.

Марфенина О.Е., Иванова А.Е., Кислова Е.Е. Особенности микобиоты современных и древних городских почв // Грибы в природных и антропогенных экосистемах: Тр. междунар. конф., посвященной 100-летию начала работы проф. А.С. Бондарцева в Ботаническом институте им. В.Л. Комарова РАН. - СПб: Изд-во Госунив-та, 2005. - Том 1. – С. 387-392.

Марфенина О.Е., Каравайко Н.М., Иванова А.Е. Особенности комплексов микроскопических грибов урбанизированных территорий // Микробиология. - 1996. - Т. 65. - № 1 - С. 119-124.

Марфенина О.Е., Кожевин П.А. Оценка антропогенных изменений комплексов почвенных микроскопических грибов с помощью дискриминантного анализа // Микология и фитопатология. – 1998. – Т. 32. – Вып. 5 – С. 56-61.

Машинский Л.О. Город и природа (Городские природные насаждения). - М.: Прогресс, 1973. - 227 с.

Методика исчисления размера ущерба, вызываемого захламливанием, загрязнением и деградацией земель на территории Москвы: Утв. Распоряжением Мэра Москвы от 27.07.99 №801-РМ.

Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами. - М.: ИМГРЭ, 1982. - 112 с.

Методические рекомендации по очистке и нейтрализации загрязнений грунтов придорожной полосы нефтепродуктами / ВГАСА, Регион, центр эколог, безопасности дор. хоз-ва «Экодор – ЦЧР». – М., 2000.–16 с.

Методические указания по оценке городских почв при разработке градостроительной и архитектурно-строительной документации, издание второе, дополненное, Москва 2003. – 32 с.

Мирчинк Т.Г. Почвенные грибы как компонент биогеоценоза // Почвенные организмы как компоненты биогеоценоза. - М.: Наука, 1984. - С. 114-130.

Мишустин Е.Н. Ценозы почвенных микроорганизмов // Почвенные организмы как компоненты биогеоценоза. - М.: Наука, 1984. - С. 5-24.

Моложавский А.А. Особенности повреждения древостоев вблизи крупных промышленных предприятий // Популяции и сообщества: экология, биоразнообразие, мониторинг». Кострома: Изд-во КГПУ, 1996. С. 90-91.

Морозова Г.Ю. Мониторинг урбанизированной среды: структура популяций растений. Известия Самарского научного центра РАН. Т.11 (27) № 1(6). 2009. С.1170- 1173.

Морозова Г.Ю. Проблемы озеленения дальневосточных городов. Известия Самарского научного центра РАН. Т. 12, № 1(13). 2010б. С. 772-775.

Морозова Г.Ю. Сравнительный анализ структуры популяций злаков (Poaceae) // Ботан. журн. Т. 95, № 4. 2010а. С.538-547.

Мосина Л.В. Использование индикационных возможностей почвенных микроорганизмов для оценки антропогенных воздействий в городских и пригородных лесах // Устойчивость и продуктивность лесоаграрных экосистем в условиях техногенеза. - М.: Наука, 1993. - С. 16-24.

Моторина Л.В., Булавинцев В.И., Васильева Н.П. и др. Особенности формирования биогеоценозов на техногенных территориях Подмосковного угольного бассейна // Структурно-функциональные особенности естественных и искусственных биогеоценозов. Днепропетровск, 1978. С. 241.

Мотузова Г.В. Принципы и методы почвенно-геохимического мониторинга. – М.: Изд-во МГУ, 1988. 95 с.

Мотузова Г.В., Безуглова О.С. Экологический мониторинг почв: учебник.- М.: Академический Проект; Гаудеамус, 2007.- 237 с.

Мурзаева М.К., Сродных Т.Б. Устойчивость травяного покрова к вытаптыванию // Ботанические исследования на Урале. Свердловск, 1990. С. 70.

Напрасникова Е.В., Макарова А.П. Санитарно-микробиологическая и биохимическая характеристика почв в условиях урбанизации // Гигиена и санитария. - 1999. - № 3. - С. 15-17.

Наумова Л.Г., Хусаинов А.Ф. Изучение флоры населенных пунктов как элемент экологического образования студентов биологических и географических специальностей педагогических институтов. Уфа, 1997. 65 с.

Национальный стандарт Российской Федерации. ГОСТ Р 53123-2008 (ИСО 10381-5:2005). Качество почвы. Отбор проб. Часть 5. Руководство по изучению городских и промышленных участков на предмет загрязнения почвы (ISO 10381-5:2005. Soil quality – Sampling – Part 5: Guidance on the procedure for the investigation of urban and industrial sites with regard to soil contamination (MOD).- М.: Стандартинформ, 2009.

Нестеренко О.А., Квасников Е.И., Ногина Т.М. Нокардиоподобные и коринеподобные бактерии. - Киев: Наукова Думка, 1988. - 336 с.

Никитина З.И. Микробиологический мониторинг при антропогенных воздействиях на почвенные экосистемы Дальневосточного региона // Мониторинг лесных и с.-х. земель Дальнего Востока: Матер. науч.-практ. конф. – Владивосток.: ДВО ДОП РАН, 1997. - С. 3-7.

Никифорова Е.М., Лазукова Г.Г. Город Москва. Перовский район. // Экогеохимия городских ландшафтов. - М.: Изд-во МГУ, 1995. - С. 57-90.

Никодемус О.Э., Раман К.К. Агрохимические исследования почв зеленых насаждений городов // Почвенно-агрохимические исследования в ботанических садах СССР. Апатиты, 1984. С. 94-97.

Никодемус О.Э., Раманн К.К. Агрохимические исследования почв зеленых насаждений крупных городов // Почвенно-агрохимические исследования в ботанических садах СССР. - Апатиты: Знание, 1984. – С. 77-80.

Новиков Ю.В. Загрязнение - враг живого. - М.: Моск. рабочий, 1975. – 43 с.

О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения: Федеральный закон от 30.03.99 №52-ФЗ.

О состоянии окружающей природной среды г. Москвы в 1992 г.: Государственный доклад. - М.: Москомприрода, 1993. - 166 с.

Об охране окружающей среды: Федеральный закон от 10.01.02 №7-ФЗ.

Обухов А.И., Кутукова Ю.Д. Состояние почв детских садов (на примере Ленинского района Москвы) // Экологические исследования в Москве и Московской области. – М.: Изд-во МГУ, 1990. - С. 212-241.

Обухов А.И., Лепнева О.М. Биогеохимия тяжелых металлов в городской среде // Почвоведение. – 1989. - № 5. – С. 610-615.

Обухов А.И., Лепнева О.М. Состояние свинца в системе почва – растение в зонах влияния автомагистралей // Свинец в окружающей среде. - М.: Наука, 1988. - С. 149-166.

Обухов А.И., Плеханова И.С., Кутукова Ю.Д., Афонина Е.В. Тяжелые металлы в почвах и растениях Москвы // Экологические исследования в Москве и Московской области. - М.: Изд-во МГУ, 1990. - С. 148-162.

Омелянский В.Л. Микроорганизмы как химические реактивы. - Л.: Химиздат, 1924. – 54 с.

Орлова А.О. Свинцовое загрязнение окружающей среды в США // Проблемы окр. среды и природных ресурсов, 1998. №11. С. 91-108.

Осипов В.И. Зоны геологического риска на территории Москвы // Вестник РАН. - 1994. - Т. 64. - № 1. - С. 32-45.

Осипов В.И. Зоны геологического риска на территории Москвы//Вестник РАН. 1994. Т. 64. № 1. С. 32-45.

Осипов Ю.С. Наука о почвах: вектор развития (доклад) // Вестник РАН, 2001. - № 1. - С. 11-16.

Осипов Ю.С. Охрана окружающей среды Москвы и Московской области. - М.: Гидрометеиздат, 1987. - 85 с.

Папуча И.В. Синтаксономия рудеральной растительности г. Нежина // 7-е Всесоюз. совещ. по классификации растительности. Минск: АН СССР-АН БССР, 1989. С. 83-84.

Парибок Т.А., Леина Г.Д., Троицкая Е.А. и др. Накопление химических элементов в растениях городской агломерации // Тез. докл. 6-го съезда ВБО. Л.: Наука, 1978. С. 32-33.

Паю В., Ратас У., Саар М. Взаимосвязь почвы и травостоя в парке Кадриорг // Ботанические сады Прибалтики. Экологические исследования. – Рига: Зинатне, 1980. - С. 77-80.

Перельман А.И. Геохимия эпигенетических процессов (зона гипергенеза). Изд. третье, перераб., и доп. М.: Изд-во «Недра».- 1968.- 332 с.

Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафтов: Учебное пособие. Издание 3-е, переработанное и джополненное. М.: Астрейя – 2000, 1999.- 768 с.

Пивкин В.М., Чиндяева Л.Н. Экологическая инфраструктура сибирского города (на примере Новосибирской агломерации) - Новосибирск: Сибпринт, 2002. - 184 с.

Позолотина В.Н., Безель В.С., Жуйкова Т.В. Механизмы адаптации к техногенному стрессу в ценопопуляциях растений (*Taraxacum officinale*) // Докл. РАН. 2000. Т. 371. № 4. С. 565-568.

Полякова Г.А., Малышева Т.В., Флеров А.А. Антропогенные изменения широколиственных лесов Подмосковья. М.: Наука, 1983. 120 с.

Поташкин С.П. Об устойчивости парковых сообществ к антропогенному воздействию // Докл. МОИП. Зоол. и ботан. М., 1988. С. 72-73.

Почва, город экология / Под общей ред. акад. РАН Г.В. Добровольского. – М.: Фонд «За экономическую грамотность», 1997. – 320 с.

Почва, город, экология / Под ред. Г.В. Добровольского. - М.: Фонд "За экономическую грамотность", 1997. - 320 с.

Прокофьева Т.В. Запечатанные почвы, их роль в урбоэкосистеме и возможности рекультивации // Почвы, город, экология. – М.: Фонд «За экономическую грамотность», 1997. - С. 89-110.

Протопопова В.В. Спонтанная флора Украины и пути ее развития. Киев: Наук. думка, 1991. 204 с.

Пузырев А.Н. О классификации антропогенных растений // Растительный покров антропогенных местообитаний. Ижевск, 1988. С. 95-102.

Работнова И.Л., Позмогова И.Н. Хемостатное культивирование и ингибирование роста микроорганизмов. – М.: Наука, 1979. - 208 с.

Разумовский Ю.В. Особенности развития липы *Tilia cordata* Mill. в городе // Биол. науки. 1991. № 8. С. 151-160.

Рысин Л.П. Рекреационные леса и проблемы оптимизации рекреационного лесопользования // Рекреационное лесопользование в СССР. М.: Наука, 1983. С. 5-20.

Савинов А.Б. Анализ фенотипической изменчивости одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale*) из биотопов с разным уровнем техногенного загрязнения // Экология. 1998. № 5. С. 362-365.

Савицкая С.Н. О рекреационной деградации пригородных лесов // Ботан. журн. 1978. Т. 63. № 12. С. 1710-1720.

Сает Ю.Е., Сорокина Е.П. Основы геохимических методов контроля загрязнения урбанизированных территорий по техногенным аномалиям в почвах // Труды ин-та экспериментальной метеорологии. – М.: Гидрометеиздат, 1985. - Вып. 13. - С. 35-46.

Санитарно-эпидемиологические требования к качеству воды: СанПиН 2.1.7.1287-03.

СанПиН 2.1.7.1287-03. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. М: МЗ РФ, 2003. – Режим доступа : [http://www.infosait.ru/norma\\_doc/11/11782/index.htm](http://www.infosait.ru/norma_doc/11/11782/index.htm)

Сахапов М.Т. Оптимизация городской рудеральной растительности (на примере г. Камертау) // Изучение, охрана и рациональное использование природных ресурсов. Вып. 1. Уфа: БФАН СССР, 1989. С. 94.

Сахапов М.Т., Миркин Б.М., Ишбирдина Л.М. Урбафитоценология: изучение спонтанной растительности городов // Успехи совр. биол. 1990. Т. 109. № 3. С. 453- 466.

Свистова И.Д., Талалайко Н.Н., Щербаков А.П. Микробиологическая индикация урбаноземов г. Воронежа // Вестн. Воронеж. гос. ун-та. Сер. химия. биол. фармация. - 2003. - № 2. - С. 175-180.

Сенчило В.И. Некоторые особенности биологии чистотела большого // Ботаника. Вып. 24. Минск, 1982. С. 145-148.

Сизов А.П. Мониторинг городских земель с элементами их охраны: Учеб. пос. / Рекомендовано Минобразования РФ для студентов вузов.- М.- 2000.- 156 с.

Синельников Э.П., Слабко Ю.И. Агрогенезис почв Приморья.- М.: ГНУ ВНИИА, 2005. – 280 с.

Скворцова И.Н. Микробиологические и некоторые санитарно-гигиенические свойства городских почв // Почва, город, экология. – М.: Фонд «За экономическую грамотность», 1997. - С. 125-149.

Скворцова И.Н., Звягинцев Д.Г., Лукина Н.Н. Мутагенная и антимутагенная активность почв // Микроорганизмы и охрана почв. – М.: Изд-во МГУ, 1989. – С. 193-204.

Славенене Л.В., Вайчис М.В. Реакция лесных биогеоценозов на промышленное загрязнение атмосферы // Тез. докл. 2-го Всесоюз. совещ. «Общие проблемы биогеоценологии». Ч. 2. М., 1986. С. 19-20.

Смагин А.В. Структурно-функциональная организация почв как динамических биокосных систем : Дис. ... д-ра биол. наук : 03.00.27 : Москва, 2004.- 430 с.

Смирнова О.А. Проблема формирования среды городов Дальнего Востока и ландшафтная архитектура // Актуальные вопросы охраны природы на Дальнем Востоке. - Владивосток: Изд-во ДВГУ, 1978. – С. 10-13.

Смирнова О.А. Фитомелиорация городской среды Владивостока // Роль мелиораций в природопользовании. – Владивосток: ДВО АН СССР, 1990. – Т. 2 – С. 139-141.

Снакин В.В. Загрязнение окружающей среды свинцом в Российской Федерации: источники и последствия // Проблемы окр. среды и природных ресурсов. 1998. № 11. С. 19-31.

Соломаха В.А., Костильов О.В., Шеляг-Сосонко Ю.Р. Синантропна рослинність України. Київ: Наук. думка, 1992. 251 с.

Соломаха Т.Д. Синтаксономия рудеральной растительности левобережной лесостепи Украины // 7-е Всесоюз. совещ. по классификации растительности. Минск: АН СССР-АН БССР, 1989. С. 115-116.

Сочава В.Б. География и экология // Материалы V съезда Географического общества СССР. – Л.: Президиум геогр. общ-ва СССР, 1970. - 22 с.

СП 11-102-97 "Инженерно-экологические изыскания для строительства". – Режим доступа : [http://www.infosait.ru/norma\\_doc/5/5155/index.htm](http://www.infosait.ru/norma_doc/5/5155/index.htm).

Спиридонов В.Н. Реакция травянистых растений на уплотнение почвы в лесу // Изв. СО АН СССР. Сер. биол. наук. 1987. № 6/1. С. 22-26.

Стволинская Н.С. Жизнеспособность *Taraxacum officinale* Wigg. в популяциях г. Москвы в связи с автотранспортным загрязнением // Экология.

2000. № 2. С. 147-150.

Строганова М.Н., Агаркова М.Г. Городские почвы: опыт изучения и систематики (на примере почв юго-западной части г. Москвы) // Почвоведение 1992. - № 7 – С. 16-24.

Строганова М.Н., Агаркова М.Г. Городские почвы: опыт изучения и систематика // Почвоведение, 7, 1992, С. 16-24.

Строганова М.Н., Агаркова М.Г., Мягкова А.Д. Почвы города Москвы: тревоги и надежды // Там же – С. 181-265.

Строганова М.Н., Мягкова А.Д., Прокофьева Т.В. Городские почвы: генезис, классификация, функции // Почва, город, экология – М.: Фонд «За экономическую грамотность», 1997. - С. 15-88.

Тарасов А.И. Рекреационное использование внутригородских агломераций // Лесоводство, лесные культуры и почвоведение. - Л.: Наука, 1979. - С. 34-38.

Теоретические основы и опыт экологического мониторинга / Под ред. В.Е.Соколова - М.: Наука, 1983. - 253 с.

Толстоконева Е.Н. Буферность равнинных почв юга Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука, 2005. 112 с.

Торопова Н.А., Берлинская Н.В. Жизненность деревьев (липы и ясеня) как индикатор состояния городской среды // Жизнь популяций в гетерогенной среде. Кн. 2. Йошкар-Ола: Периодика Марий Эл, 1998. С. 157-158.

Турбина М.Р. Влияние промышленных выбросов на морфоструктуру растений // Изучение, охрана и рациональное использование природных ресурсов. Вып. 1. Уфа: БФАН СССР, 1989. С. 119.

Управление качеством городских почв: Учебно-методическое пособие/ Яковлев А.С., Решетина Т.В., Сизов А.П., Прокофьева Т.В., Луковская Т.С., Самухина Т.М., Евдокимова М.В.; под общ. ред. Шобы С.А., Яковлева А.С. – М.: МАКС Пресс, 2010. – 96 с.

Федоров Ю.Д., Чалая И.П. Разработка природоохранных мероприятий в пригородной зоне крупного города // Проблемы больших городов. - М.: Наука, 1979. – 123 с.

Фролов А.К. Окружающая среда крупного города и жизнь растений в нем. - СПб.: Наука, 1998. - 328 с.

Хантемирова Е.В. Особенности организаций ценопопуляций горца змеиноного в условиях техногенного загрязнения // Популяции и сообщества: экология, биоразнообразие, мониторинг. Кострома: Изд-во КГПУ, 1996. С. 170-171.

Хараишвили И.Г. Изменение травяного покрова под влиянием рекреационной нагрузки в природных лесах зеленой зоны городов Тбилиси-Рустави // Тр. Тбилис. ин-та леса. – Тбилиси, 1980. - Вып. 28. - С. 205-210.

Хмелев К.Ф., Березуцкий М.А. Состояние и тенденции развития флоры

антропогенно трансформированных экосистем // Журн. общ. биологии. 2001. Т. 62. №4. С. 339-351.

Цареградская С.Ю., Косицын В.Н. Влияние рекреации на широколиственные леса в бассейне средней Оки // Экологические проблемы бассейнов крупных рек. Тольятти: ИЭВБ РАН, 1998. С. 108-109.

Чернявський М.В., Генік Я.В. Важкі метали у ґрунтах зеленої зони Львів // Урбанізоване навколишнє середовище: охорона природи та здоров'я людини. Київ: Наук. думка, 1996. С. 22-26.

Чибрик Т.С. Фитоценозы техногенных ландшафтов Урала // Ботанические исследования на Урале. Свердловск, 1990. С. 120.

Шевченко Н.А., Илькун Г.М. Изменение ассимиляционного аппарата растений в условиях атмосферного загрязнения // Тез. докл. 7-го съезда УБО. Киев: Наук. думка, 1982. С. 528.

Шестакова Г.А., Казанцева Г.Г. Последствия загрязнения почвы атмосферными выбросами предприятий цветной металлургии // Растительность и промышленные загрязнения: Тез. докл. и сообщ. IV Уральского научно-координационного совещания. - Свердловск: Урал, 1970. - С. 67-70.

Шилова И.И., Терехова Э.Б., Лукьянец А.И. Формирование консорциев в условиях техногенных ландшафтов // Структурно-функциональные особенности естественных и искусственных биогеоценозов. Днепропетровск, 1978. С. 247.

Шихова Н.С, Полякова Е.В. Деревья и кустарники в озеленении города Владивостока. Владивосток: Дальнаука, 2006. – 236 с.

Шкараба Е.М., Малеев К.И., Селиванов И.А. Состояние пригородных лесов Перми в условиях промышленного загрязнения // Ботанические исследования на Урале. Свердловск, 1990. С. 124.

Экогеохимия городских ландшафтов. - М.: Изд-во МГУ, 1995. – 336 с.

Экопарковки. – Режим доступа : <http://www.eco-parkovka.ru/solutions/view/13>.

Яблоков С.А., Яблокова Л.И., Хлюстов Г.А. Качественный и количественный анализ урбафитоценозов городов-курортов Северного Кавказа // Сб. научных тр. НИИ горного лесоведения и экологии леса. 1996. № 22. С. 119-132.

Яковлев А.С. Биологическая диагностика городских почв // Почвы, город, экология. – М.: Фонд «За экономическую грамотность», 1997. - С. 150-170.

Янкевич М.И., Квитко К.В. Биоремедиация нефтезагрязненных водоемов // Экология и промышленность России.– 1998. – № 10. – С. 21-26.

Andreesen J.R., El Chazzawi E., Gottschalk G. The effect of ferrous ions, tungstate and selenite on the level of formate dehydrogenase in *Clostridium formicoaceticum* and formate synteses from CO<sub>2</sub> during pyruvate fermentation//Arch. Microbiol. – 1974. – V. 96. - P. 103-118.

Andreesen J.R., Ljungdahl L.G Formate dehydrogenase of *Clostridium thermoaceticum*: Incorporation of selenium-75, and the effects of selenite,

- molybdate, and tungstate on the enzyme // *J. Bacteriol.* - 1973. – V. 116. - P. 867-873.
- Barrows H.H. Geography as Human Ecology // *Annals of the Association of American Geographers.* – V. XIII. – N 7. - 1923.
- Bates G.H. The vegetation of footpaths, sidewalks, cart-tracks, and gateways // *J. Ecol.* 1935. V. 23. P. 470-487.
- Bazzaz F.A. Characteristics of populations in relation to disturbance in natural and manmodified ecosystems // *Disturbance and ecosystems.* Eds. H.A.Mooney and M. Godron. Berlin – N.Y.: Springer Verl., 1983. P. 259-275.
- Beyer L., Blum H.-P. Elsnar D.-Ch., Willnow A. Soil organic matter composition and microbial activity in urban soils // *The Science of the Total Environment* - 1995. - V. 168. - P. 267-278.
- Blume H.-P, Runge M. Genese und Ökologie innerstädtischer Boden aus Bauschutt // *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* - 1978. – V. 141 - S. 727-740.
- Blume H.-P. Classification of soils in urban agglomerations // *Catena.* - 1989. - V. 16 - P. 269-275.
- Brady N.C. The nature and properties of soils. - New York: Macmillan, 1990. - 621 p.
- Bretzel F., Calderisi M. Metal contamination in urban soils of coastal Tuscany (Italy) // *Environ. Monit. And Assess.* – 2006. – V. 118. № 1-3. – P. 319-335.
- Bridges E.M. Soils in the urban jungle // *Geographical magaz.* - 1989. – V. 61. - P. 1-4.
- Bridgewater P.B. Synthetic plant communities: problems in definition and management // *Flora.* 1988. V. 180. № 1-2. P. 139-144.
- Busse M.D., Beattie S.E., Powers R.F., Sanchez F.G., Tiarks A.E. Microbial community responses in forest mineral soil to compaction, organic matter removal, and vegetation control // *Can. J. Forest Res.* – 2006. – V. 36. - № 3. – P. 577-588.
- Chen Di-yun, Xie Wen-biao, Ji li, Li Jin-wen, Tang Ze-ping *Huanjing kexue* // *Environ. Sci.* – 2006. – V. 27. - № 7. – P. 1377-1382.
- Craul P.G. Urban soils in landscape design. - New York: Macmillan, - 1992. - 396 p.
- Diatto J. B., Grzebisz W., Wiatrowska K. Competitivity, selectivity, and heavy metals-induced alkaline cation displacement in soils // *Soil Sci. and Plant Nutr.* – 2004. – V. 50. - № 6. – P. 899-908.
- Donnelly K. C., Huebner H. J., Claxton L.D., Calvin J. A., Vos G. A., Cizmas L., He Ling-yu Biodegradation of simple chemical mixtures in soil // *Environ. Toxicol. And Chem.* – 2005. – V. 24.- № 11. – P. 2839-2845.
- Favretto L., Portoldi M., Favretto L.G. Surface lead pollution of roadside crops in relation to the distance from an emitting line source // *J. Sci. Food Agr.* 1986. V. 37, № 5. P. 481-486.
- Gamst J., Kjeldsen P., Christensen Th. H. Determination of solute organic concentration in contaminated soils using a chemical-equilibrium soil column system // *Water, Air, and Soil Pollut.* – 2007. – V. 183. - № 1-4. – P. 377-389.
- Gao Shu-fang, Wang Guo, Su Miao-yu, Luo Dan *Fujian nonglin daxue xuebao. Ziran kexue ban* // *J. Fujian Agr. And Forest. Univ. Natur. Sci. Ed.* – 2006.

– V. 35. - № 6. – P. 644-647.

Godron M., Forman R.T. Landscape modification and changing ecological characteristics // Disturbance and ecosystems. Eds. H.A.Mooney and M. Godron. Berlin – N.Y.: Springer Verl., 1983. P. 12-28.

Griffiths B.S., Wheatley R.E., Daniell T.J. Microbial and microfaunal variation in soil // Annual Report, 2002-2003 / Scott. Crop Res. Inst. – Dundee. – 2004. – P. 123-124.

Grime J.P. Interpretation of small-scale patterns in the distribution of plant species in space and time // Verh. Kon. ned. akad. wetensch. Afd. natuurk., 1978. R. 2, № 70. P. 101-124.

Grime J.P., Crick J.C., Rincon J.E. The ecological significance of plasticity // Plasticity plant: Symposium. Duhram, 1986. P. 5-29.

Grubb P.J. Plant population and vegetation in relation to habitat, disturbance and competition: problems of generalization // The population structure of vegetation. Ed. J. White. Dordrecht: Dr. W. Junk Publ., 1985. P. 571-621.

Guan Doung-sheng, Peart M.R. Heavy metal concentrations in plants and soils at roadside locations and parks of urban Guangzhou // J.Environ. Sci. – 2006. – V. 18. - № 3. – P. 495-502.

Hard G. Spontane Vegetation und Naturschutz in der Stadt // Geogr. Rdsch. 1997. V. 49, № 10. S. 562-568.

Hilbig W., Opp C. The effects of antropogenic impact on plant and soil cover in Mongolia // Halle (Saale). – 2005. - № 5. – P. 163-177.

Hollis J.M. The classification of soils in urban areas // Soils in the Urban Environments. – Oxford: Blackwell Scientific Publications. - 1991. - P. 5-27.

Hu Ke-Lin, Zhang Feng-Rong, Li Hong, Huang Feng, Li Bao-Guo Spatial patterns of soil heavy metals in urban-rural transition zone of Beijing // Pedosphere. – 2006. – V. 16. - № 6. – P. 690-698.

Kacprzak M., Malina G. The tolerance and Zn, Ba and Fe accumulation by *Trichoderma atroviride* and *Mortierella exigua* isolated from contaminated soil // Can. J.Soil Sci. – 2005.- V. 85. - № 2. – P. 283-290.

Kellomäki S., Saastamoinen V.L. Trampling tolerance of forest vegetation // Acta forest. Fennica, 1975. V. 147. P. 1-21.

Killham K., Wainwright M. Deciduous leaf litter and cellulose decomposition in soil exposed to heavy atmospheric pollution // Environ. Pollut. – 1981. – V. 26. - P. 79-85.

Konecka-Betley K., Yanowska E., Luniewska-Broda Y., Szpotansk M. Wstepna Klasyfikacja gleb aglomeracji Warszawskiej. – Warszawa, 1985. - S. 125-135.

Kostrowicki A.S. Mechanisms stabilizing the structure of phytocoenoses subjected to an increasing impact of man management // Mem. Zool. 1979. № 32. P. 25-36.

Kowalkowski A., Szczesny P., Borzyszkowsky J. Wplyw imisji azotowej na

sorpcyjne właściwości gleb leśnych w okolicy Pulaw // Roczniki Gleboznawcze. - 1977. - T. 28. - S. 95-106.

Li Ning, Li Huaxing, Zhu Fengjiao, Liu Yuanjin, Kuang Peirui Yingyong shengtai xuebao // Chin. J. Appl. Ecol. - 2006. - V. 17. - № 2. - C. 285-290.

Li Peijun, Liu Wan, Sun Tieheng, Gong Zongqiang, Fu Shasha Shengtaixue zazhi // Chin. J. Ecol. - 2006b. - V. 25. - № 12. - P. 1544-1548.

Li Peijun, Sun Tieheng, Gong Zongqiang, Li Haibo, Tai Peidong Yingyong shengtai xuebao // Chin. J. Ecol. - 2006a. - V. 17. - № 4. - C. 747-750.

Lipson D.A., Blair M., Barron-Gafford G., Grieve K., Murthy R. Relationships between microbial community structure and soil processes under elevated atmospheric carbon dioxide // Microbial Ecol. - 2006. - V. 51. - № 3. - P. 302-314.

Low R., Bradshaw A.D., Putwain P.D. Life history variation in *Poa annua* L. // Evolution. 1977. V. 31. P. 233-246.

Lux W., Hintze B. Schwermetallverteilung in Boden und Pflanztn in städtischen Bereichen Hamburgs // Landwirt. Forsch. - 1983. - Bd. 39. - S. 169-201.

Meers E., Unamuno V., Vandegheuchte M., Vanbroekhoven K., Geebelen W., Samson R., Vangronsveld J., Diels L., Ruttens A., Du Laing Gijs, Tack F. Soil-solution speciation of Cd as affected by soil characteristics in unpolluted and polluted soils // Environ. Toxicol. And Chem. - 2005. - V. 24. - № 3. - P. 499-509.

Prinz B. Effects of aerosols on vegetation and ecosystems: general considerations and some examples // Proc. 2<sup>nd</sup> US-Dutch Int. Symp. Williamsburg, 1986. P. 837-853.

Rambousková H. Some notes on forest ruderalisation // Preslia. 1984. V. 56, № 2. P. 117-123.

Rikli M. Die Anthropochoren und der Formenkreis des *Nasturtium palustre* DC. mit einem Habitusbild // Bot. Centralbl. 1904. Bd. 95. № 1. S. 12-14.

Ros M., Garcia C., Hernandez T., Andres M., Barja A. Short-term effects of human trampling on vegetation and soil microbial activity // Commun. Soil Sci. and Plant Anal. - 2004. - V. 35. - № 11-12. - P. 1591-1603.

Schröder F.-G. Zur Klassifizierung der Anthropochoren // Vegetatio. 1969. Bd. 16, fasc 5/6. S. 225-238.

Singh S., Kumar M. Heavy metal load of soil, water, and vegetables in peri-urban Delhi // Environ. Monit. And Assess. - 2006. - V. 120. - № 1-3. P. 79-91.

Smejkalova M., Mikanova O., Boruvka L. Effects of heavy metal concentrations on biological activity of soil-micro-organisms // Plant, Soil and Environ. - 2003. - V. 49. - № 7. - P. 321-326.

Smith E.A., Mayfield C.J. Effects of nitrogen dioxide on selected soil processes // Water, air, soil pollut. - 1978. - V. 9. - P. 33-34.

Soils in the Urban Environments / Ed. P. Bullock and P.J. Gregory. - Oxford: Blackwell Scientific publications, - 1991. - 174 p.

Strumpf T., Pestemer W. Total and plant available contents of nutrient and

noxious elements in urban soils and their transfer rates to plants // Mitt. Inst. Seefisch. Bundesforschungsanst. Fisch., Hamburg. – 2003. - № 394. – P. 289-290.

Su Dan, Li Pei-jun, Frank Stagnitti, Xiong Xian-zhe Biodegradation of benzoperene in soil by *Mucor sp.* SF06 and *Bacillus sp.* SBO2-co-immobilized on vermiculite // J. Environ. Sci. – 2006.- V. 18.- № 6. – P. 1204-1209.

Sukopp H., Blume H.P., Kunck W. The soil, flora and vegetation of Berlin's waste lands / Ed. Laurie I.C., - London: Nature in Cities. 1979. - P. 115-132.

Sun Yanci, Zhang Xuelei, Chen Jie Yingyong shentai xuebao // Chin. J. Appl. Ecol. – 2005. – V. 16. - № 11. – P. 2060-2065.

Tobor-Kaplon Maria A., Bloem Jaap, De Ruiter Peter C., Functional stability of microbial communities from long-term stressed soils to additional disturbance // Environ. Toxicol. and Chem. – 2006. – V. 25. - № 8. – P. 1993-1999.

Tresner H.D., Bacus M.P., Curtis J.T. Soil microfungi in relation to the hardwood forest continuum in southern Wisconsin // Mycologia. - 1954. - V. 46. - № 3. - P. 314-332.

Vink A.P.A. Landscape ecology and land use. - London and New-York: Macmillan, 1983. – 264 p.

Wang Huan-hua, Li Lian-qing, Wu Xin-min, Pan Gen-xing Distribution of Cu and Pb in particle size fractions of urban soils from different city zones of Nanjing, China // J. Environ. Sci. – 2006. – V. 18. - № 3. – P. 482-487.

Wittig R., Diesing D., Gödde M. Urbanophob – Urbanoneutral – Urbanophil. Das Verhalten der Arten gegenüber dem Lebensraum Stadt // Flora. 1985. V. 177. № 5-6. S. 265-282.

Woolhouse H.W. Heavy metals in plants // Chem. Brit. 1980. V. 16. № 2. P. 72-74.

Yang Zhi-xin, Liu Shu-qing, Zheng Da-wei, Feng Sheng-dong Effects of cadmium, zinc and lead on soil enzyme activities // J. Environ. Sci. – 2006. – V. 18. - № 6. – P. 1135-1141.

Zang Shuyan, Li Peijun, Zhang Ying, Wang Juan, Xu Huaxia Shengtaixue zazhi // Chin. J. Ecol. – 2006. – V. 25. - № 8. – C. 978-982.

## ОЗЕЛЕНЕНИЕ ГОРОДА АРСЕНЬЕВА С УЧЁТОМ ЭДАФИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Городское хозяйство г. Арсеньева представляет собой исторически сложившийся комплекс производственных, административных и жилых объектов, в различной степени преобразованных естественных ландшафтов и их компонентов, в том числе зелёных насаждений. Сочетание этих элементов формирует в городе экологическое пространство среды обитания людей.

Природные компоненты в нём выполняют компенсаторную роль, поскольку способствуют снижению негативного воздействия других элементов экосистемы города. Зелёные насаждения формируются под воздействием природно-климатических и антропогенных факторов. Система озелененных пространств города является неотъемлемой частью градостроительной структуры, элементом оптимизации экологической среды и входит в систему жизнеобеспечения людей. Основными элементами системы озеленения города являются парки, сады, озеленённые территории жилых и санитарно-защитных зон промышленных районов. По режимам пользования зелёные насаждения делятся на следующие категории: общего пользования, ограниченного пользования и специального назначения. Их функции разнообразны и многочисленны: сфероформирующие, средостабилизирующие, санитарно-гигиенические и рекреационные.

При конструировании ландшафтов в городе обязательно учитывается состояние почвенного покрова или его полное отсутствие.

В целом нам предстоит оценить почвы и техногенные поверхностные образования территории города Арсеньева, разработать ассортимент растений, используемых для озеленения.

Почвенный покров обнаруживает тесную связь с рельефом: по мере понижения территории выделяется ряд типов почвы: горные бурые лесные, бурозёмы, текстурно-метаморфические, гумусово-гидрометаморфические тёмногумусово-глеевые, торфяно-глеезёмы. Морфологические свойства и физико-химическая характеристика выделенных на изученной территории почв по репрезентативным разрезам приведены в главе 2.

На большей части ландшафтов города выявлены антропогенно-преобразованные почвы – хемозёмы. Типы:

- хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Mn, Zn, Ni, Cd, Fe по горной бурой лесной почве;
- хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Mn, Zn, Ni, Cd, Fe по бурозёму;
- хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Mn, Zn, Ni, Cd, Fe по текстурно-метаморфической почве;
- хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Mn, Zn, Ni, Cd, Fe по гумусово-

гидрометаморфической почве;

- хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Mn, Zn, Ni, Cd, Fe по тёмногумусово-глеевой почве;

- хемозём, загрязнённый Cu, Pb, Co, Mn, Zn, Ni, Cd, Fe по торфяно-глеезёму.

Часть территории города занимают техногенные поверхностные образования, чаще всего это целенаправленно сконструированные почвоподобные тела либо специфический новообразованный субстрат. В ландшафтах города это органоминеральный материал, искусственные смеси органического и минерального материала газонов, клумб, парковых территорий, бульваров, спортивных и детских площадок, полисадов и других селитебных участков.

Источниками загрязнения почв являются, прежде всего, мощные машиностроительные предприятия - Арсеньевская авиационная компания «Прогресс», АОТ «Аскольд», которые выпускают вертолёты, спортивные самолёты и бытовые электроприборы, а также предприятия перерабатывающей промышленности ОАО Арсеньевский хлебокомбинат, АОТ «Атлант» (выпуск мясопродуктов), ООО «Арсеньевский молочный комбинат», ООО «Арсеньевский квасной завод», АОТ «Дионис» (выпуск мучных и макаронных изделий), АОТ «Лиан» (переработка овощей и фруктов). Затем идут предприятия лесной промышленности, которые производят заготовку, механическую и биохимическую переработку древесины. А также источником загрязнения являются местные электростанции, работающие на угле, добываемом в Приморье, центральная теплоцентраль и автомагистраль. Оценивая степень загрязнения воздуха в районе завода «Прогресс» следует отметить, высокая запылённость свидетельствует о недостаточности проводимых мероприятий по очистке выбросов и запылённости дорог. Выбросы вредных веществ в атмосферу различными предприятиями города Арсеньева на 2001 г. составили 29,64 тыс. тонн, в том числе твёрдых – 11,7, газообразных и жидких 17,9 тыс. тонн, из которых сернистого ангидрида 4,9, окиси углерода 11,4, окиси азота 0,9, углеводорода 0,7 тыс. тонн. Значительно хуже обстоит дело с загрязнённостью почв (табл.). Наиболее выраженные аномалии марганца и цинка расположены вдоль улиц Жуковского, Ломоносова, Октябрьской и главной автомагистрали. Анализ данных по структуре загрязнения почв городских ландшафтов свинцом свидетельствует о том, что для подавляющей части города загрязнение незначительное – фоновый уровень в почвах. Но существуют значимые по размерам техногенные ареалы свинца, приуроченные к промзонам заводов и их окрестностям, району ТЭЦ-2 и ТЭЦ-3 и центральной трассе. За исключением автомагистрали, где загрязнение почв свинцом прослеживается до глубины 20-40 см, соответственно, в пределах города её значимые уровни фиксируются только

в верхнем слое почв (0-20 см).

Таблица

**Содержание подвижных форм тяжёлых металлов в почвах ландшафтов г. Арсеньева**

| Химический элемент-загрязнитель | Содержание в почве (мг/кг)<br>Вытяжка стандартная по Ринькису ПДК, мг/кг | (вытяжка ПДК, мг/кг<br>(вытяжка 1,0 н НСl) | Региональные кларки (Голов, 1997) |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------------------|
| Свинец                          | 37,0                                                                     | 32                                         | 300                               |
| Марганец                        | 180,0                                                                    | 80                                         | 1510                              |
| Кобальт                         | 6,5                                                                      | 5                                          | 22                                |
| Медь                            | 3,5                                                                      | 3                                          | 20                                |
| Цинк                            | 27,7                                                                     | 23                                         | 70                                |
| Никель                          | 3,0                                                                      | 4                                          | 46                                |
| Кадмий                          | 0,7                                                                      | 0,3                                        | 0,6                               |
| Железо                          | 46,0                                                                     | 500                                        | 3,1                               |

Наиболее существенное и постоянное загрязнение медью характерно также для территорий заводов, а также для улиц Ломоносова (ТЭЦ-1, ТЭЦ-2) и автомагистрали. То-есть медь накапливается в тех же районах, где концентрируется свинец, но в гораздо меньшем количестве. По ул. Ломоносова зафиксированы единичные аномалии железа. Максимальные уровни содержания этого элемента-загрязнителя в почвах отмечается в зоне радиусом 1-3 км от источников выбросов. При удалении от источники загрязнения на 5-15 км величина содержания железа в почве приближается к фоновым уровням.

Аномалии цинка установлены в антропогенно-преобразованных почвах районе железнодорожного вокзала и центральной части города. Распространение загрязнения почв этим элементом-загрязнителем особенно заметно в направлении преобладающих ветров. Район железнодорожного вокзала находится в крайней точке города. От центральной части он отличается влажностью воздуха, так как в нескольких километрах от вокзала находится небольшое озеро Арсеньева. Почва здесь сформирована на слое привозного плодородного грунта, имеет тяжелый гранулометрический состав. Над озером постоянно заметен смог от таких источников загрязнения как автомобили, междугородные автобусы, поезда. Это и влияет на влажность воздуха в окрестностях железнодорожного вокзала. А сама

влажность воздуха – на распределение продуктов выбросов, частицы которых при высокой влажности конденсируются, увеличивается их размер и масса, и в таком виде они выпадают на поверхность почвы вблизи источников загрязнения.

В почвах городских ландшафтов выявлено 20 аномалий марганца. Отмечаются более контрастные по фону аномалии марганца в районе улицы Ломоносова (ТЭЦ), на территориях автобазы и завода «Прогресс». Максимальные уровни содержания марганца выявлены в районе ТЭЦ–1, ТЭЦ–2, ТЭЦ–3. Вероятными загрязнителями этой аномалии являются газовые выбросы веществ, образующиеся при сгорании топлива. Обращает на себя внимание тот факт, что форма листьев кустарников и деревьев в этом районе видоизменена.

Для кобальта характерны слабоконтрастные по площади техногенные ореолы рассеяния. Аномалии кобальта занимают более 40% территории города. Отмечено несколько аномалий, превышающих фон–район «Прогресса», ТЭЦ–1, ТЭЦ–2 и автобаза. То есть кобальт накапливается в тех же районах, где и марганец, только в значительно меньших количествах.

Наблюдается и определённая закономерность в распространении тяжёлых металлов по удалённости от источников загрязнения. Например, свинец и цинк приурочиваются в основном к автодорогам с интенсивно развитым автомобильным движением. Аномалии кадмия встречаются лишь как спутники цинка в цинковых полиметаллических рудах. Металлургия цинка – источник загрязнения почв кадмием.

Жители городов обычно воспринимают внешнюю среду не только по степени комфортности (комплекс климатических характеристик, условия сейсмичности, рельеф, водообеспеченность, транспортные удобства, жилищные условия, комплекс бытовых услуг), но и обращают внимание на медико-географическую и ландшафтную обстановку, на их эстетическую направленность. Внешний облик населённых пунктов, степень и качество их благоустройства должны не только отвечать насущным вопросам и соответствовать современному уровню цивилизации, но, по-видимому, даже быть более комфортными.

Концепция формирования среды путём конструктивного ландшафтообустройства, в нашем случае, имеет две ипостаси – функциональную и эстетическую. Функциональная – ослабление неблагоприятных природных и градообразующих факторов путём специфического, обдуманного размещения всех зелёных насаждений, должна тесно взаимодействовать с эстетической. Эстетическая – придание городу индивидуальности путём сохранения или создания в системе озеленения определённого колорита, имитацию садово-паркового ландшафта или придание ему наиболее декоративных черт местной природы.

Садово-парковый ландшафт на сравнительно маленькой территории

(исключением могут быть лишь ландшафты пригородных зон) должен уловить и передать характер больших пространств, поэтому в искусственных ландшафтах должно присутствовать лишь самое необходимое, самое характерное. Создание местных наиболее привлекательных ландшафтов не должно копировать определённые лесные ценозы. Однако нужно вводить в них представителей коренных хвойно-широколиственных лесов (кедр корейский, пихта цельнолистная, ель корейская) и других пород в количествах, необходимых для получения ожидаемого декоративного эффекта. Так, парк «Восток», заложенный в 1947 году, пополнили посадки туи. Газоны перед магазином «Мир» украсили молодые берёзы и кедры. На бульваре, проходящем от авиатехникума и ул. Октябрьской высажены сотни саженцев тополей пирамидальных, черёмухи, сосен. При создании колорита города очень важны логика сочетаний отдельных виды растений в ландшафтных композициях, их экологическое соответствие, то есть создание необходимых почвенных условий и своевременного ухода.

Например, деревья удовлетворительно переносящие загрязнённый воздух - дуб монгольский, черёмуха Мака. К деревьям, хорошо переносящим затенение, относятся сосна корейская, липа амурская, пихта цельнолистная. К деревьям с высокими фитоцидными свойствами относятся разные виды ели, пихты и сосны. А к деревьям пригодным для выращивания на плохо дренированных почвах относятся клён, тополь чёрный и туя. Особое внимание при создании городского ландшафта обращается на «окультуривание» опушек леса, так как, в основном, они создают зрительный эффект перехода от леса к парку и наоборот. Для этой цели наиболее приемлемы сирень амурская, чубушник тонколистный, рябинник рябинолистный, красоднев Миддендорфа, бубенчики, колокольчики, ландыш Кейске, лилия пенсильванская. Для затенённых и увлажнённых мест с бурозёмами глеевыми и текстурно-метаморфическими глееватыми почвами вполне пригодны свидина белая, папоротники (особенно щитовник толстокорневищный), страусопер германский. На клумбах многолетние декоративные, не требующие особого ухода растения: джефферсония сомнительная, печеночница азиатская, лилия пенсильванская, красодневы, ирисы, первоцветы.

Для прибрежной части водоёмов с тёмногумусово-глеевыми, перегнойно-тёмногумусово-глеевыми почвами в качестве его окаймления используются водно-прибрежные виды растений – белокрыльник болотный, аир, вахта, частуха восточная, симплокарпус почколистный, калужница болотная, различные ирисы, чемерицы. Из кустарников: жимолость съедобная, спирея иволистная, рябинник рябинолистный. Для украшения водной глади – кубышка малая, болотоцветник щитолистный, лотос, различные виды водяного ореха.

Ландшафты окрестностей города, благодаря лесам, образуют защитный

зелёный пояс, имеющий важное климаторегулирующее, водоохранное, водорегулирующее, а также санитарно-гигиеническое значение. Леса зелёной зоны составляют неотъемлемую часть система насаждений и используются для удовлетворения многих запросов городского населения и хозяйства. Это и места для массового отдыха, туризма, спорта, составляющие единое целое с архитектурным ансамблем города. Они также исполняют роль биофильтра, очищающего не только воздух от пыли, дыма, копоти, газов, но и грунтовые воды от различного рода загрязнений. В защитных полосах вдоль автомагистралей с техногенными поверхностными образованиями высаживаются кустарники и деревья.

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ.....                                                                                            | 4  |
| 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....                                                                                 | 6  |
| 1.1. Историческая справка.....                                                                           | 6  |
| 1.2. Загрязнение почв.....                                                                               | 8  |
| 1.3. Растительность.....                                                                                 | 13 |
| 1.4. Физические и физико-механические свойства почв.....                                                 | 21 |
| 1.5. Органическое вещество почв.....                                                                     | 24 |
| 1.6. Лесные зоны города как основа ландшафта.....                                                        | 25 |
| 1.7. Почвенные микроорганизмы.....                                                                       | 27 |
| 1.7.1. Бактерии.....                                                                                     | 28 |
| 1.7.2. Микромицеты.....                                                                                  | 32 |
| 1.8. Мониторинг.....                                                                                     | 34 |
| 2. ПОЧВЫ И ТЕХНОГЕННЫЕ ПОВЕРХНОСТНЫЕ<br>ОБРАЗОВАНИЯ КАК ВАЖНЕЙШИЙ КОМПОНЕНТ<br>ГОРОДСКИХ ЛАНДШАФТОВ..... | 36 |
| 2.1. Ландшафты городских территорий.....                                                                 | 36 |
| 2.1.1. Ландшафты городов.....                                                                            | 36 |
| 2.1.2. Геохимия ландшафтов и их биосферная<br>роль (по А.И. Перельману, 1979).....                       | 39 |
| 2.1.3. Культурные ландшафты.....                                                                         | 41 |
| 2.2. Естественные почвы.....                                                                             | 44 |
| 2.2.1. Ствол постлитогенного почвообразования....                                                        | 45 |
| 2.2.2. Ствол синлитогенного почвообразования.....                                                        | 59 |
| 2.2.3. Ствол органогенного почвообразования.....                                                         | 63 |
| 2.3. Антропогенно-преобразованные почвы.....                                                             | 66 |
| 2.4. Техногенные поверхностные образования.....                                                          | 69 |
| 2.4.1. Группа: квазизёмы.....                                                                            | 70 |
| 2.4.2. Группа: натурфабрикаты.....                                                                       | 72 |
| 2.4.3. Группа: артификабрикаты.....                                                                      | 75 |
| 2.4.4. Группа: токсифабрикаты.....                                                                       | 75 |
| 3. НЕГАТИВНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ.....                                                            | 78 |
| 3.1. Влияние неблагоприятных процессов на почвенный<br>покров города .....                               | 78 |
| 3.1.1. Механические (градостроительные)<br>неблагоприятные процессы.....                                 | 79 |
| 3.1.1.1. Запечатывание почвы.....                                                                        | 79 |
| 3.1.1.2. Засыпка и срезание естественных почв и<br>грунтов.....                                          | 81 |
| 3.1.1.3. Захламление поверхности почвы.....                                                              | 81 |

|          |                                                                                                                                                                                            |     |
|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.1.2.   | Физические неблагоприятные процессы.....                                                                                                                                                   | 83  |
| 3.1.2.1. | Эрозия почв.....                                                                                                                                                                           | 83  |
| 3.1.2.2. | Нарушение водного баланса.....                                                                                                                                                             | 84  |
| 3.1.3.   | Биологические неблагоприятные процессы..                                                                                                                                                   | 86  |
| 3.1.3.1. | Истощение и нарушение органофилия,<br>переуплотнение корнеобитаемого слоя.....                                                                                                             | 86  |
| 3.1.3.2. | Сокращение биоразнообразия почвенных<br>организмов.....                                                                                                                                    | 87  |
| 3.1.4.   | Химические неблагоприятные процессы.....                                                                                                                                                   | 88  |
| 3.1.4.1. | Внедрение загрязняющих веществ в<br>урбосистему.....                                                                                                                                       | 88  |
| 3.1.4.2. | Нарушение кислотности и щелочности почв                                                                                                                                                    | 91  |
| 3.2.     | Оценка воздействия неблагоприятных процессов и<br>рекомендации по их устранению.....                                                                                                       | 92  |
| 4.       | УЧЕНИЕ О БИОХИМИЧЕСКИХ БАРЬЕРАХ КАК<br>ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОСНОВА УСТОЙЧИВОСТИ<br>ХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВ.....                                                                                | 97  |
| 4.1.     | Классификация геохимических барьеров по А.И.<br>Перельману.....                                                                                                                            | 97  |
| 4.2.     | Роль внутренних свойств химических веществ и<br>внешних факторов почвенно-химической и<br>ландшафтно-геохимической природы в<br>формировании механизмов химического состояния<br>почв..... | 101 |
| 5.       | ГЛУБОКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ И<br>ПРИРОДОРЕГУЛИРУЮЩИХ ФУНКЦИЙ ПОЧВ.....                                                                                                                | 106 |
| 5.1.     | Функционирование системы соединений химических<br>элементов почвы.....                                                                                                                     | 106 |
| 5.1.1.   | Буферность почв.....                                                                                                                                                                       | 110 |
| 5.1.2.   | Кислотно-основное равновесие почв.....                                                                                                                                                     | 111 |
| 5.2.     | Механизмы устойчивости различных уровней<br>организации почвенной системы к внешнему<br>химическому воздействию.....                                                                       | 111 |
| 5.2.1.   | Материальные носители устойчивости почв<br>к внешнему химическому воздействию.....                                                                                                         | 114 |
| 5.2.2.   | Устойчивость к внешнему воздействию<br>системы соединений типоморфных<br>химических элементов почвы (кремний,<br>алюминий, железо и др.).....                                              | 117 |
| 5.2.3.   | Механизмы устойчивости системы<br>соединений основных элементов питания<br>растений (фосфор, калий, азот и др.) в                                                                          |     |

|                                                                                                         |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| почвах агроценозов.....                                                                                 | 122 |
| 6. МОНИТОРИНГ ГОРОДСКИХ ЗЕМЕЛЬ.....                                                                     | 124 |
| 6.1. Система показателей состояния почв для мониторинга<br>химического загрязнения.....                 | 124 |
| 6.2. Организация наблюдений за уровнем химического<br>загрязнения почв тяжелыми металлами и нефтью..... | 126 |
| ЛИТЕРАТУРА.....                                                                                         | 132 |
| Приложение.....                                                                                         | 150 |

Научное издание

# **ПОЧВЫ И ТЕХНОГЕННЫЕ ПОВЕРХНОСТНЫЕ ОБРАЗОВАНИЯ В ГОРОДСКИХ ЛАНДШАФТАХ**

*Монография*

**Ковалева** Галина Васильевна  
**Старожилов** Валерий Титович  
**Дербенцева** Алла Михайловна  
**Назаркина** Алина Васильевна  
**Майорова** Людмила Петровна  
**Матвееenko** Тамара Ивановна  
**Семаль** Виктория Андреевна  
**Морозова** Галина Юрьевна

Редактор  
Технический редактор  
Отпечатано с авторского оригинал-макета

Подписано в печать 25. 07. 2011  
Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Усл.печ.л. 19,0 Уч.-изд. л. 17,5  
Тираж 300. Заказ

Отпечатано в типографии ФГУП «Издательство «Дальнаука» ДВО РАН»  
690041, г. Владивосток, ул. Радио, 7