## Государственное бюджетное образовательное учреждение

**Школа № 1574**

**Исследовательский проект:**

**«ИЗУЧЕНИЕ ЭКОЛОГИИ ГОРОДСКИХ ПОЧВ НА ПРИМЕРЕ ПОЧВЫ ПРИШКОЛЬНОГО СКВЕРА»**

Авторы:

Коглян Екатерина, 9г

Митюшина Анна, 9г

Иващенко Мария, 9б

Руководитель:

Феоктистова Елена Николаевна,

учитель биологии ГБОУ Школы № 1574

Консультант:

Болдырева Наталия Вадимовна, учитель биологии ГБОУ Школы № 1574

Москва, 2018

**Содержание:**

Стр.

[ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР ПРОБЛЕМЫ 7](#_Toc509503409)

[1. История изучения плодородного слоя земли 7](#_Toc509503410)

[2. Факторы, определяющие формирование почвы 8](#_Toc509503411)

[3. Морфологические признаки почв 9](#_Toc509503412)

[1) Строение почвенного профиля 10](#_Toc509503413)

[A. Строение почвенного горизонта 12](#_Toc509503414)

[Б. Структура почв 15](#_Toc509503415)

[2) Типология почв 18](#_Toc509503416)

[3) Методы определения типов почв 21](#_Toc509503417)

[4. Состав и структура почвы 22](#_Toc509503418)

[1) Физические свойства почв 22](#_Toc509503419)

[2) Химические свойства и состав почв 24](#_Toc509503420)

[A. Гумус и его свойства 30](#_Toc509503421)

[Б. Происхождение и состав плодородного слоя почвы 33](#_Toc509503422)

[5. Почвенная биота 35](#_Toc509503423)

[6. Типичные проблемы городских почв 46](#_Toc509503424)

[7. Санитарно эпидемиологические требования к качеству почв территории населяемых населяемых мест [10] 55](#_Toc509503425)

[ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ 59](#_Toc509503426)

[1. Изучение строения почвенного профиля участка 59](#_Toc509503427)

[2. Изучение физико-химического состава почвы на участке 59](#_Toc509503428)

[1) Определение типа почвы 59](#_Toc509503429)

[2) Определение рН-среды почвы 62](#_Toc509503430)

[3) Определение химического состава почвы 62](#_Toc509503431)

[4) Биологический анализ почвы 64](#_Toc509503432)

[РЕЗУЛЬТАТЫ 66](#_Toc509503433)

[1. Строения почвенного профиля участка 66](#_Toc509503434)

[2. Физико-химический состав почвы на участке 68](#_Toc509503435)

[1) Тип почвы 68](#_Toc509503436)

[2) рН-среда почвы 69](#_Toc509503437)

[3) Химический состав почвы 70](#_Toc509503438)

[3. Состав почвенной фауны 73](#_Toc509503439)

[МЕТОДИКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ 78](#_Toc509503440)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 87](#_Toc509503441)

[СПИСОК ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ: 88](#_Toc509503442)

**ВВЕДЕНИЕ**

*«Почва – это колыбель, в которой рождается природа…»*

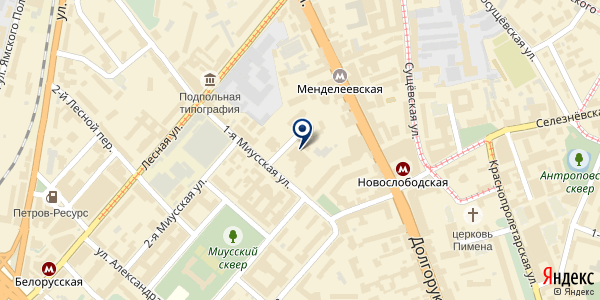
*/Ланс Коуэл/*

Москва – это не просто столица нашей страны, но и город, в котором мы живём, наше место обитания. И согласно важнейшим экологическим законам, не только мы влияем на окружающую нас среду, но и она влияет на нас. Причём, если влияние атмосферы и питьевой воды всем понятно и общеизвестно, то влияние почвенного покрова города на нашу жизнь и здоровье редко куму приходит в голову.



**Рис. 1. *Загрязнение городских почв***

Являясь совместным продуктом абиотических факторов среды и деятельности живых организмов, почва имеет очень сложный состав и структуру. Окультуривание городского ландшафта нарушает естественные почвообразовательные процессы, свойственные природе, и год за годом плодородный слой почвы становится всё беднее. Деревья на газонах засыхают, цветы мельчают или не приживаются совсем. Причём попытки улучшить данный показатель почвы путём привоза почв с полей аэрации имеют неоднозначный эффект: с одной стороны, плодородный покров улучшается, но с другой – на газоны и клумбы попадает опасная почва с целым спектром разнообразных загрязнителей. Она, как губка, впитывает в себя всё то, с чем соприкасается из воздуха, воды или поверхностного мусора (Рис. 1). В связи с чем превращается из естественной среды обитания растений и животных в опасный источник воздействия. Она накапливает в себе ядовитые соединения, тяжёлые металлы и различных паразитических организмов, и контакт с ней становится опасен как для наших домашних животных, так и для людей – ведь ветер ежедневно поднимает в воздух огромное количество почвенной пыли, которую мы вдыхаем. И весь этот «замечательный» биолого-химический букет попадает в наши организмы.

**Рис. 2. *Вид на пришкольный сквер и местоположение Лицея на карте города***

На территории нашего лицея, который расположен в центральной части города, находится большой сквер с богатой коллекцией деревьев и кустарников, привезённых из разных уголков нашей страны (Рис. 2). С весны до глубокой осени он радует глаз учащихся и всех прохожих. Однако за годы наблюдения за этим сквером мы начали отмечать происходящие изменения: трава у дорожек стала плохо расти, образуя «залысины», некоторые цветы стали выпускать более мелкие бутоны, а на земле местами остаётся мелкий бытовой мусор и остатки нерасворившихся противогололёдных реагентов (Рис.3).



**Рис. 3. *Нарушение растительного покрова на газонах в следствии засоления почвы***

Нас заинтересовал вопрос, а в каких же условиях приходится выживать растениям нашего сквера? Каково общее состояние почв нашего города, и в частности, состояние почвы нашего сквера? Как помочь восстановить плодородие почвы?

**Цель:** изучить экологическое состояние городских почв на примере сквера Лицея 1574 и разработать методы его улучшения

**Задачи:**

1. Знакомство с литературой по данной проблеме
2. Изучить физические и химические свойства почвы, путем сбора 10-ти проб с разных участков сквера
3. Изучение видового состава почвенной биоты сквера
4. Разработать экономичную технологию улучшения плодородия почв

# ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР ПРОБЛЕМЫ

# История изучения **плодородного** слоя земли

Еще в 18-м веке ученые подметили, что почва состоит из различных компонентов. Интерес к этой особенности возобновился значительно позже. Так, в Германии с 1879 по 1899 г. ежегодно публиковались исследования в этой области, проводимые Вольни и его школой. Многочисленные лабораторные исследования установили зависимость физических свойств почв от размеров ее комочков и от содержания пыли (Рис. 4).

[](http://fb.ru/article/213687/sostav-i-struktura-pochv#image989256)

**Рис. 4. *Структурные компоненты почвы***

В 1877 г. ученый П. А. Костачев отметил, что после распашки целинных земель они быстро распыляются, что ведет к снижению урожая. Структура почв восстанавливалась только после того, как поля оставлялись под многолетней травянистой растительностью. Эти исследования имели большое значение. Они доказали, что в сельском хозяйстве структура почв играет большую агротехническую роль.

Много внимания уделялось изучению верхнего слоя земли в 30–40-е годы прошлого века. При этом ученые придавали первостепенное значение структуре почвы в вопросах плодородия. Эти два термина они возвели в ранг синонимов.

Структура почвы и ее значение практически не рассматривались учеными в 50–60-е годы прошлого века. Причиной тому стала критика травопольной системы. Исследователи начали подвергать сомнениям роль структуры почв в вопросах плодородия. А порой они вовсе отрицали ее. Однако некоторые учёные продолжают заниматься исследованиями в этой области. И здесь особенно выделяются работы академика В.В. Медведева. Учёным исследовалась структура почвы и её значение с исполбзованием микроморфологических меодов. При этом им применялись современные математические аппараты, позволяющие проводить анализ и обобщать полученные данные. Результатом трудов Медведева стала изданная в 2008г. монография о структуре почв [3].

# Факторы, определяющие формирование почвы

К факторам почвообразования относят: рельеф, климат, растительный и животный мир почв, почвообразовательная порода, возраст почвы, вода, антропогенез. Для познания природы почвенных процессов важнейшее значение имеют климатические показатели, характеризующие температурные условия и режим увлажнения, поскольку с ними тесно связан водно-температурный режим почв и биологические процессы. Главный источник энергии для биологических и почвенных процессов - солнечная радиация, а основной источник увлажнения - атмосферные осадки. Солнечная радиация поглощается земной поверхностью, а затем постепенно излучается и нагревает атмосферу. Вода, попадая в почву, поглощается растениями и возвращается в атмосферу через транспирацию или в результате физического испарения. Таким образом, устанавливается постоянный тепло и влагообмен между почвой и атмосферой. В процессе этого обмена формируется гидротермический режим почвы, который является важнейшим ее свойством. С главными термическими группами условий среды в почвообразовании сопряжены тепловой режим почв, скорость химических и биохимических процессов, биологическая продуктивность при оптимальном увлажнении. С градациями условий среды по атмосферному увлажнению сопряжены: водный режим почв при одинаковом положении их в рельефе; окислительно-восстановительный потенциал; степень выветрелости и выщелоченности при одинаковых термических условиях.

Значение рельефа в формировании почв и развитии почвенного покрова велико и разнообразно. Рельеф выступает как главный фактор перераспределения солнечной радиации и осадков в зависимости от экспозиции и крутизны склонов и оказывает влияние на водный, тепловой, питательный, окислительно-восстановительный и солевой режимы.

Характеристика рельефа основывается на изучении его генезиса. Различают три группы форм рельефа: макрорельеф, мезорельеф и микрорельеф. Под макрорельефом понимают самые крупные формы рельефа, определяющие общий облик территории: равнины, плато, горные системы. Возникновение макрорельефа связано главным образом с тектоническими явлениями в земной коре. Мезорельеф - формы рельефа средних размеров: увалы, холмы, лощины, долины, террасы и их элементы - плоские участки, склоны разной крутизны. Возникновение мезорельефа связано в основном с экзогенными геологическими процессами, на которые оказывает большое влияние медленные поднятия и опускания некоторых участков суши. Под микрорельефом понимают мелкие формы рельефа, занимающие значительные площади, с колебаниями относительных высот в пределах одного метра. Сюда относятся бугорки, понижения, западины, возникающие на ровных поверхностях рельефа из-за просадочных явлений, мерзлотных деформаций или по другим причинам. На склонах микрорельеф иногда определяется сползанием почвенно-грунтовых масс или почвенно-эрозионными процессами. Широко развиты склоновые формы рельефа, которые принято характеризовать по крутизне, формам и экспозиции

В современный период почвообразование вступило в антропогенную фазу развития и воздействия человека на почвы приобретает роль решающего фактора их эволюции. На всех территориях, где происходит антропогенное воздействие, происходят глубокие изменения свойств почв и преобразование почвенного покрова. С одной стороны, формируются антропогенные варианты почв и сглаживаются различия между компонентами структуры почвенного покрова на равнинных территориях, но на склоновом типе местности происходит усиление эрозионных процессов.

Антропогенный фактор, т.е. деятельность человека, оказывают непосредственное влияние на процессы почвообразования. Это влияние проявляется, прежде всего, в уничтожении естественной растительности, и замене её культурной. При этом происходит изменение структуры в верхнем слое почвы, она либо сильно распыляется, либо наоборот значительно уплотняется в верхнем горизонте.

# Морфологические признаки почв

Почва в процессе своего развития приобретает ряд внешних или морфологических признаков. К морфологическим признакам относятся:

1) строение почвенного профиля,

2) мощность почвенного профиля – вертикальная протяженность всех его горизонтов,

3) окраска почвы определяется присутствием в почве красящих веществ (черная -высокое содержание гумуса 10-12 %; серая-гумус 4-5 %, белая содержание карбоната, гипса, соли , бурая – железо),

4) структура почвы – характерное состояние структурных агрегатов почвы (кубовидная; плитовидная; столбовидная, благоприятной для культурных растений – зернистая),

5) структурность почвы – способность распадаться на структурные отдельности при механическом воздействии,

6) гранулометрический состав – процентное соотношение гранулометрических элементов в почве, определяется содержанием физического песка и глины,

7) сложение почвы – характер пористости и плотности почвы (рассыпчатая – песчаные почвы; рыхлая – суглинистые почвы, плотная – глинистые почвы, очень плотная – нижние горизонты глинистых почв,

8) новообразование – скопление различных веществ сформировавшихся под влиянием процесса почвообразования,

9)включения – тела органической и минеральной природы (мусор, детали сельскохозяйственных машин) [12].

# Описание: Описание: http://cs621823.vk.me/v621823426/21f77/SmhswXM4pyM.jpgСтроение почвенного профиля

*Почвенным профилем называется определенная вертикальная последовательность генетических горизонтов в пределах почвенного индивидуума, специфическая для каждого типа почвообразования.*

Профиль почвы характеризует изменение ее свойств по вертикали, связанное с воздействием почвообразовательного процесса на материнскую горную породу (Рис. 5). Наблюдается закономерное, зависящее от типа почвообразования изменение гранулометрического, минералогического, химического состава, физических, химических и биологических свойств почвенного тела от поверхности почвы вглубь до незатронутой почвообразованием материнской породы. Это изменение может быть постепенным, что отражается плавным ходом соответствующих кривых на графиках распределения, характеризующих те или иные параметры почвы, например содержание гумуса, илистых частиц, полуторных оксидов. С другой стороны, кривые могут иметь ряд минимумов и максимумов, что отражает горизонты выноса и аккумуляции тех или иных веществ, резкие различия в составе и свойствах горизонтов профиля.

**Рис. 5. *Почвенный профиль***

Главные факторы образования почвенного профиля, т. е. дифференциации исходной почвообразующей породы на генетические горизонты, - это, во-первых, вертикальные потоки вещества и энергии (нисходящие или восходящие в зависимости от типа почвообразования и его годовой, сезонной или многолетней цикличности) и, во-вторых, вертикальное распределение живого вещества (корневые системы растений, микроорганизмы, почвообитающие животные).

Строение почвенного профиля, т. е. характер и последовательность составляющих его генетических горизонтов, специфично для каждого типа почвы и служит его основной диагностической характеристикой. При этом имеется в виду, что все горизонты в профиле взаимно связаны и обусловлены.

И хотя в разных типах почв отдельные горизонты могут иметь близкие признаки и свойства и быть аналогичными или однотипными в генетическом плане, как, например, гумусовый или глеевый горизонты в разных почвах, тем не менее для каждой конкретной почвы всегда имеется комплекс взаимосвязанных горизонтов, составляющих ее характерный профиль, а не их простая сумма. Генетическая целостность, единство почвенного профиля - основное свойство почвенного тела, почвы как таковой, формирующейся в процессе почвообразования из исходной материнской породы как единое целое и развивающейся во времени в единстве составляющих ее генетических горизонтов [12].

# Строение почвенного горизонта

*Генетические почвенные горизонты* - *это формирующиеся в процессе почвообразования однородные, обычно параллельные земной поверхности слои почвы, составляющие почвенный профиль и различающиеся между собой по морфологическим признакам, составу и свойствам.*

Генетическими они называются потому, что образуются в процессе генезиса почв. Генетические горизонты в почвенном профиле выступают как важнейшие однородные составные части почвенного тела, причем их однородность подразумевается только в масштабе рассмотрения почвенного профиля. При ином, более детальном масштабе рассмотрения почвенные горизонты оказываются весьма неоднородными, устроенными очень сложно.

На заре развития почвоведения Докучаев выделил в почве всего три генетических горизонта: А - поверхностный гумусо-аккумулятивный; В - переходный к материнской породе; С - материнская горная порода, подпочва. Последующее развитие почвоведения привело к выделению довольно большого разнообразия генетических горизонтов различных почв, обозначаемых различными символами. До сих пор у почвоведов разных научных школ нет единства в диагностике и символике различных почвенных горизонтов, что создает немалые трудности в науке.

Существует много систем выделения почвенных горизонтов и их буквенных обозначений. Однако наиболее распространенным в нашей стране является использование следующих символов генетических горизонтов почв:

* **Горизонт А0** — самая верхняя часть почвенного профиля — лесная подстилка или степной войлок, представляющая собой опад растений на различных стадиях разложения — от свежего до полностью разложившегося.
* **Горизонт А** — гумусовый, наиболее темноокрашенный в почвенном профиле, в котором происходит накопление органического вещества в форме гумуса, тесно связанного с минеральной частью почвы. Цвет этого горизонта варьируется от черного, бурого, коричневого до светло-серого, что обусловлено составом и количеством гумуса. Мощность гумусового горизонта колеблется от нескольких сантиметров до 1,5 м и более.
* **Горизонт A1** — минеральный гумусово-аккумулятивный, содержащий наибольшее количество органического вещества. В почвах, где происходит разрушение алюмосиликатов и образование подвижных органоминеральных веществ,- верхний, темноокрашенный горизонт.
* **Горизонт А2** — подзолистый или осолоделый, элювиальный, формирующийся под влиянием кислотного или щелочного разрушения минеральной части. Это сильно осветленный, бесструктурный или слоеватый рыхлый горизонт, обедненный гумусом и другими соединениями, а также илистыми частицами за счет вымывания их в нижележащие слои и относительно обогащенный остаточным кремнеземом.
* **Горизонт Ап**или**Апах** — пахотный, измененный продолжительной обработкой, сформированный из различных почвенных горизонтов на глубину вспашки.
* **Горизонт В** — располагающийся под элювиальным горизонтом, имеет иллювиальный характер. Это бурый, охристо-бурый, красновато-бурый, уплотненный и утяжеленный, хорошо оструктуренный горизонт, характеризующийся накоплением глины, окислов железа, алюминия и других коллоидных веществ за счет вмывания их из вышележащих горизонтов. В почвах, где не наблюдается существенных перемещений веществ в почвенной толще, горизонт В является переходным слоем к почвообразующей породе, характеризуется постепенным ослаблением процессов аккумуляции гумуса, разложения первичных минералов и может подразделяться на **В1** — горизонт с преобладанием гумусовой окраски, **В2** — подгоризонт более слабой и неравномерной гумусовой окраски и **В3** — подгоризонт окончания гумусовых затеков.
* **Горизонт Вк** — горизонт максимальной аккумуляции карбонатов, обычно располагается в средней или нижней части профиля и характеризуется видимыми вторичными выделениями карбонатов в виде налетов, прожилок, псевдомицелия, белоглазки, редких конкреций.
* **Горизонт** **G** — глеевый, характерен для почв с постоянно избыточным увлажнением, которое вызывает восстановительные процессы в почве и придает горизонту характерные черты — сизую, серовато-голубую или грязно-зеленую окраску, наличие ржавых и охристых пятен, слитость, вязкость и т. д.
* **Горизонт С** — материнская (почвообразующая) горная порода, из которой сформировалась данная почва, не затронутая специфическими процессами почвообразования [12] (Рис. 6).



**Рис. 6. *Строение почвенного профиля. Расположение горизонтов***

Кроме указанных горизонтов выделяются **переходные горизонты**, для которых применяются двойные обозначения, например **A1A2** — горизонт, прокрашенный гумусом и имеющий признаки оподзоленности; **А2B** — горизонт, имеющий черты подзолистого горизонта ( А2) и иллювиального (В); **A1C** — переходный горизонт от гумусового к материнской породе и т. д. Второстепенные признаки обозначаются индексом с дополнительной малой буквой, например **A2g** — подзолистый горизонт с признаками оглеения, **Bg** — иллювиальный горизонт с пятнами оглеения, **Bt** — метаморфический горизонт, характеризующийся аккумуляцией глины без заметных следов ее перемещения, **Сk** — карбонатная почвообразующая порода и др. Иногда применяются и дополнительные индексы: **Т** — торфяный горизонт (содержание органического вещества — более 70% со степенью разложенности менее 50%), **Аt** — торфянистый горизонт, **Ad** — дерновый горизонт, **Bh** — иллювиально-гумусовый, **Вf** — иллювиально-железистый горизонт и т. д.

Иными словами, индексы при обозначении генетических горизонтов ставятся в зависимости от степени выраженности того или иного процесса, протекающего в данном горизонте. Они складываются из заглавных букв русской системы символов генетических горизонтов и малых букв сопутствующего процесса.

При резком изменении мощности горизонта, трудно различимой границе между горизонтами или других неясных признаках, характеризующих почвенный горизонт, следует изучить и боковые стенки почвенного разреза.

Для описания почвы, прежде всего, необходимо на хорошо отпрепарированной стенке разреза закрепить клеенчатый сантиметр так, чтобы верхний его край точно совпадал с верхней границей почвы, и ножом отметить границы почвенных горизонтов. Для этого острым концом почвенного ножа проводят вертикальную черту сверху донизу почвенного разреза, выявляя плотность и сложение почвы. Учет плотности почв значительно облегчает выделение горизонтов и установление их границ. Затем по совокупности всех признаков (цвет, структура, сложение, плотность и др.) устанавливают границы почвенных горизонтов и подгоризонтов и все данные, полученные при изучении почвенного профиля, заносят в почвенный дневник.

При описании морфологических признаков очень важно указывать характер перехода одного горизонта в другой. Для этого можно пользоваться следующими градациями переходов:

**1)** резкий переход — смена одного горизонта другим происходит на протяжении 2-3 см;

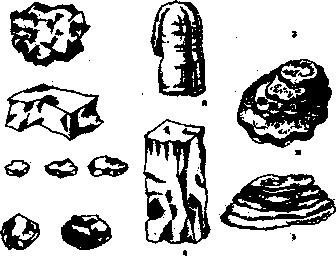
**2)** ясный переход — смена горизонтов происходит на протяжении 5 см;

**3)** постепенный переход — очень постепенная смена горизонтов на протяжении более 5 см [7].

# Б. Структура почв

Частички почвы при склеивании образуют агрегаты, разные по величине и форме, и носят название структурных. Под **структурой почвы** понимают отдельности (агрегаты, комочки) разной величины, формы, на которые она распадается в спелом состоянии при рыхлении. Каждый комочек состоит из гранулометрических элементов, соединенных в макро- и микроагрегаты гумусом, корнями растений и др. Почва может быть структурной и бесструктурной. В последней гранулометрические элементы находятся в раздельночастичном состоянии. Примером бесструктурных почв могут быть песчаные: в них мало глинистых частичек и гумуса. Между структурными и бесструктурными почвами могут встречаться переходные, в которых структура выражена слабо. В зависимости от формы агрегатов различают три типа структуры – агрегатов различают три типа структуры – кубовидная, призмовидная, плитовидная (Рис.7).

* *Кубовидная структура* имеет отдельности, одинаково развитые по трем осям. Подразделяется на роды: глыбистая, комковатая, ореховатая, зернистая, пылеватая.
* *Призмовидная структура* характеризуется преимущественным развитием отдельностей по вертикальной оси. Подразделяется на столбчатую и призматическую.
* В *плитовидной структуре* отдельности развиты в основном по двум горизонтальным осям. Подразделяется на плитчатую и чешуйчатую.



**Рис. 7. *Структура почвы*:**

***1 – кубовидная: а – комковатая б – ореховатая, в – зернистая, г – глыбистая; 2 – призмовидная: д – столбчатая, е – призматическая; 3 – плитовидная: ж плитчатая, з – чешуйчатая.***

Наиболее распространена структура комковатая (тип кубовидной). Оптимальный размер комков 3–5 мм. Они характерны для черноземных почв. Образование структурных агрегатов происходит под влиянием корневой системы, которая уплотняет частицы почв, гумуса и гидрооксидов железа (они склеивают частички), а кальций и магний цементируют их. Структура почвы не всегда прочная, и ее разрушает техника и соединения натрия (в аридном климате). Указанных химических элементов в почвах Беларуси очень мало, поэтому структурные агрегаты непрочные.

В зависимости от размеров агрегаты группируются следующим образом. Агрегаты более 10 мм называют *глыбами*, от 10 до 0,25 мм – *макроагрегатами*, менее 0,25 мм – *микроагрегатами*.

В почвенных горизонтах структурные отдельности обычно не бывают одного размера и формы. Часто структура в них смешанная. Например: комковато-зернистая, комковато-пылеватая и др.

Различным почвенным горизонтам свойственна определенная структура. Так, гумусовые горизонты характеризуются комковатой, зернистой (чернозем, дерновая почва) или мелкокомковатой, комковато-порошистой ([дерново-подзолистая почва](http://uchilok.net/geografia/172-dernovo-podzolistye-pochvy.html)) структурой.

Для подзолистых горизонтов свойственна непрочнолистоватая, пластинчатая структура или вообще ее отсутствие. Иллювиальные горизонты чаще имеют призматическую или ореховатую структуру.

Образование структуры происходит при наличии давления (от воздействия корневых систем растений, животных, замерзания, высыхания почвы и др.) и клеющего вещества. В качестве последнего выступают коллоиды, главным образом гумусовые. Водопрочная структура образуется в случае коагуляции коллоидов (образование геля) катионами кальция и магния. При такой структуре почва после дождя не заплывает, на ней не образуется корка, затрудняющая поступление кислорода к корням растений.

Следует отметить весьма важную роль дождевых червей в образовании почвенной структуры. С агрономической точки зрения почва считается структурной, если комковато-зернистые водопрочные агрегаты размером от 10 до 0,25 мм составляют более 55%.

Плодородная почва – почва структурная. Она легко крошится при вспашке, лучше противостоит водной и ветровой эрозии. В структурной почве хорошо сочетается водный, воздушный и тепловой режимы. А это положительно воздействует на развитие биологических процессов, на режим питания растений.

Бесструктурные суглинистые почвы плохо впитывают воду, а ее сток может вызвать эрозию; вода и воздух в таких почвах антагонистичны. В бесструктурных почвах вода теряется в результате интенсивного капиллярного поднятия, что может привести к пересушиванию почвы, ухудшению обеспечения растений водой, элементами питания. Для получения хороших урожаев на бесструктурных почвах необходимо постоянно заботиться о высоком уровне агротехники (Рис. 8).



**Рис. 8. *Пример структуры почвы (слева – структурная, справа – бесструктурная)***

Почвенную структуру могут разрушить механические факторы (передвижение по полям техники, животных, град и др.), а также физико-химические процессы, связанные с внесением в почву физиологически кислых удобрений, вытесняющих из почвы катионы кальция и магния.

Для образования и сохранения почвенной структуры необходимо систематически и в достаточном количестве вносить органические удобрения, известковать кислые почвы, обрабатывать почву в состоянии физической спелости. Хорошие результаты дают посевы многолетних трав (клевер с тимофеевкой), сидеральных культур [13].

# Типология почв

Тип почвы — большая группа почв, развивающихся в однотипно сопряженных биологических, климатических, гидрологических условиях и характеризующихся ярким проявлением основного процесса почвообразования при возможном сочетании с другими процессами.

Примеры типов почв: подзолистые почвы, черноземы, серые лесные почвы, сероземы, красноземы. Тип почвы — это опорная, основная единица систематики почв. Типы почв могут быть разделены на более мелкие единицы и, наоборот, объединены в более крупные. Таксономические единицы крупнее типа будут рассмотрены при изучении классификации почв.

Характерные черты и единство почвенного типа определяются: а) однотипностью поступления органических веществ и процессов их разложения и превращения в гумус; б) однотипным комплексом процессов разложения минеральной массы и синтеза органоминеральных новообразований; в) однотипным характером миграции и аккумуляции веществ; г) однотипным строением почвенного профиля и характером генетических горизонтов; д) однотипной направленностью мероприятий по повышению и поддержанию плодородия почв и мелиоративных мероприятий.

В той или иной степени тип почвы как опорная единица систематики почв принят всюду. В разных странах эта единица называется различно, но сущность ее остается примерно единой: СССР — тип почвы; Франция — gruppe du sol; США, Канада — great soil group; ГДР, ФРГ — Bodentip; ФАО/ЮНЕСКО — soil unit.

Все разнообразие типов почв определяется соотношением основных почвообразовательных процессов: глеевого, подзолообразования, дернового (гумусонакопления), оглинения (образования вторичных глинистых минералов), соленакопления (засоления), торфонакопления (болотного). На равнинах при движении с севера на юг сменяют друг друга следующие типы почв (Рис. 9):

1. **Глинистая** – это тяжелая и плотная почва, которая плохо проветривается и поглощает влагу. Чтобы обогатить глинистую землю  и превратить ее в плодородную, необходимо внести в нее торф для разрыхления, песок для снижения влажности и золу для обогащения. На глинистой почве отлично прорастает картофель, горох, свекла и топинамбур.
2. **Песчаная почва** характеризуется легкостью, сыпучестью и отличной проводимостью воды. Данный тип верхнего слоя  земли относится к легким. Параллельно песчаные почвы имеют свойство быстро пересыхать, охлаждаться, но внеся в грунт торф, глину, компост и перегной можно добиться улучшения производительности. На песчаной почве без каких-либо удобрений и так отлично прорастает морковь, дыня,  плодовые деревья, клубника. Удобрив землю и придав ей связывающие свойства, можно смело выращивать капусту, свеклу, картофель.
3. **Супесчаная почва** – легкая по своей природе, и похожая по составу на песчаную, только в данном случае глинистой породы присутствует больше. Таким образом, супесчаная почва обладает фиксирующими  способностями, отлично принимает тепло и держит теплоту, медленно пересыхает и постепенно дает просачиваться влаге. Такой тип почвы годен для выращивания на нем всех видом овощей и фруктов, единственное, на что необходимо обращать внимание, это на семена, которые лучше всего проявили в том или ином регионе. Рекомендуется подкармливать данный тип почв органикой.
4. **Суглинистая почва** легко обрабатывается, обладает высоким уровнем питательных веществ, отлично проводит воздух и влагу, распределяет и удерживает воду и тепло. Благодаря своим плодородным свойствам данная почва не нуждается в удобрении или улучшении ее состояния, все, что нужно – это поддерживать имеющий состав. Суглинистая почва максимально адаптирована под разные огородные и садовые культуры, поэтому выращивать на ней можно все.
5. **Известковая почва** – бедный слой земли, который характеризуется  наличием мелких камней, щелочи, быстро нагревается и с такой же скоростью  пересыхает, тяжело отдает насаждениям питательные вещества. Чтобы стабилизировать почву и превратить ее в плодородную, необходимо обогащать землю органическими, калийными удобрениями. Если регулярно разрыхлять, поливать почву и подкислять, на ней отлично вырастут и дадут хороший урожай – картофель, тыква, томаты, огурцы, редька.
6. **Болотистая почва** сложная по своим свойствам: она быстро впитывает влагу и также быстро ее отдает, обладает  высоким уровнем кислотности и тяжело прогревается. Параллельно данный тип почвы отлично задерживает удобрения, и легко обрабатываются. Чтобы болотистые земли стали более плодородными, их рекомендуется насыщать песком, глиняной мукой, известью, навозом и компостом. Если регулярно проводить данные процедуры, то болотистая почва станет пригодной для выращивания на ней многий огородных и садовых культур, но более всего здесь проявит себя крыжовник, смородина, земляника и рябина.

  
**Рис. 9. *Примеры типов почв (слева направо, сверху вниз): ёмкости для забора почвенных проб, песчаная почва, глинистая почва, чернозём***

1. **Черноземы** обладают высокой плодородностью  за счет объемного количества в почве гумуса, кальция. Данный тип почвы отлично поглощает и удерживает воду, но при активном использовании земли, они быстро истощается и нуждается в удобрении. Чаще всего на черноземах произрастают зерновые культуры, но отлично себя проявит и все виды овощей и фруктов.

Исходя из этого, одна и та же почва может обладать разным уровнем плодородности по отношению к разным культурам.

Плодородность, как показатель, который определяет пригодность для выращиваемых сельхоз культур, разделяется на два основных вида – на естественную и искусственную. Естественная плодородность почвы развивается под влиянием почвообразовательных процессов. Искусственное плодородие достигается участием человека, то есть внесением в почву удобрений, которые благоприятно влияют на производительность земли. Достаточно важным аспектов является и полив земли, методы полива земельного участка.

**Плодородная почва должна отвечать таким качествам:**

* соответствие типа почвы выращиваемой на ней культуре;
* обеспечение выращиваемых на почве растений или культур полезными веществами и минералами;
* обладать рыхлой, комковатой структурой;
* отлично проводить тепло и влажность.

Чтобы собрать хороший урожай, необходимо, во-первых, узнать тип почвы, на которой прорастает насаждение, а во-вторых, в соответствии распознанным типажом выращивать ту культуру, которая максимально адаптирована к определенному грунту.  Фермеру необходимо помнить, что даже самая плодородная почва с течением времени теряет свои обогащенные свойства, устает, и нуждается в подкормках в виде удобрений. Реализуя должностной уход за почвой, фермера всегда ждет приятный результат в виде богатого урожая [7].

На территории России есть много видов почв. Все они различаются по химическому и механическому составу. В настоящий момент сельское хозяйство находится на грани кризиса. Российские почвы необходимо ценить, как землю, на которой мы живем. Ухаживать за почвами: удобрять их и предотвращать эрозию (разрушение) [13].

# Методы определения типов почв

* По скорости оседания частиц
* Механически (намочить пригорошню земли и перемешать до однородной массы. Затем, скатать из земли шарик, сделайть из него «колбаску» и аккуратно образовать колечко.)
* **Глинистая -** почва хорошо скатывается, пластична, кольцо легко сворачивается и держит форму;
* **Песчаная -** почва рассыпается, скатать из нее что-либо цельное не удается, сложить кольцо невозможно
* **Супесчаная –** почва содержит и песок и глину, но преобладает песок
* **Суглинистая -** почва скатывается в «колбаску», но трескается при попытке сложить ее кольцом
* **Чернозём –** почва черная или темно-коричневая, в ней попадаются мелкие корешки растения, довольно рассыпчата
* Лабораторный метод (кислая или щелочная почва)

1. Взять немного земли, положить ее в какой либо сосуд, добавить уксус. Если земля пузырится и шипит, значит она щелочная. Если же никакой реакции не произошло, взять немного этой же земли с исследуемого участка, добавить воды, перемешать и добавить пищевой соды. Если земля пузырится и шипит, значит она очень кислая.

2. В специализированных магазинах садоводов и огородников продается набор для определения кислотности почвы - специальный раствор меняет свой цвет в зависимости от того, щелочная или кислая среда у вашей почвы.

3. В определении кислотности почвы могут помочь произрастающие на ней растения. Кислая почва - ее любят щавель, хвощ полевой, подорожник, лютик, молочай. Нейтральную или слабокислую почву заселяют ромашка, мать-и-мачеха, пырей, клевер луговой.

4. Кислую почву легко определить, если заварить кипятком листья чёрной смородины, дать настоятся и слить в другую ёмкость. В воду положить горсть грунта, тщательно размешать. Если цвет будет с красноватым отливом, почва точно кислая.

5. С помощью лакмусовой бумаги [4].

# Состав и структура почвы

Любая почва имеет четыре разные фазы ("живую", газообразную, жидкую и твердую), которые перемешаны между собой. Твердые частицы – это химические элементы вместе с минеральными веществами. Вещества в жидком состоянии (другое их название – почвенный раствор) представляют собой воду с растворенными в ней химическими элементами. Газообразные вещества наполняют промежуток, который находится между твердыми частицами. Состав почвенного воздуха включает в себя азот, органические соединения, кислород и углекислоту. Именно благодаря им, в грунте могут происходить разные процессы. В процессе образования почвы принимают активное участие живые микроорганизмы, к которым относятся бактерии, водоросли, грибы и беспозвоночные. Кроме того, они вносят в землю химические элементы, при этом значительно изменяя ее состав.

Структура грунта является неоднородной. Он может быть из глины, песка или камней. Все эти частицы имеют различный размер. В структуре земли присутствуют как совсем небольшие песчинки, едва видные глазу, а так же большие валуны. Обычно, компоненты, которые входят в грунт делятся на основные подвиды: песок, ил, глину и гравий.

# Физические свойства почв

Огромное разнообразие почв существует благодаря разнообразию растительного мира, которое зависит от климата, а также разнообразия поверхностных геологических пород, форм рельефа. Есть почвы глинистые, которые обладают большим количеством органического вещества, есть супесчаные или песчаные, то есть в них совсем отсутствует органика, есть суглинистые, то есть со средним увлажнением, и т.д. Предположим, торфяные почвы невозможно использовать для сельского хозяйства, если предварительно их не осушили и не окультурили. Минеральные почвы получили свое название из-за физического смысла. Существует крупнозем, а также мелкозем. К крупнозему относятся частицы геологических пород, размер которых превышает 1 мм. У них нет липкости, либо пластичности, отсутствуют химические реакции. Они представляют собой неактивный скелет почвы.

Мелкоземом же считаются частицы менее 1 мм. Он делится на "физический песок", когда частицы от 0,05 до 1,0 мм, крупную пыль (0,05 - 0,01мм) и "физическую глину" (менее 0,01 мм). От доли "физической глины" будут зависеть физические свойства почвы, а также название, связанное с механическим составом. В случае песчаных почв доля "физической глины" не должна быть больше 10%, у супесчаных - не более 20%, в легкосуглинистых - 30%, в среднесуглинистых - 40%, а в тяжелосуглинистых - 45%. Если в почве содержание "физической глины" превышает 45%, то она будет считаться глинистой. Для земледелия почвы подразделяются на легкие и тяжелые. К первым относятся песчаные и супесчаные почвы, а ко вторым - суглинистые вместе с глинистыми.

Самыми активными считаются минимальные частицы почвенной массы, обычно их диаметр составляет тысячную долю миллиметра. Такая почва способна активно взаимодействовать с водными растворами солей, кислот, а также с корнями растений. Наиболее "тяжелые" почвы имеют около 90% таких частиц, размер которых не превышает 0,001 мм. Вот только данные почвы не всегда подходят для сельскохозяйственного использования. Помимо этого размеры частиц вместе с химическим составом зависят от плотности сложения почвы. Самая сухая почва создается при помощи удаления из нее всей влаги, исключая ту воду, которая связана в кристаллических решетках минералов.

У "тяжелых" и кислых почв наиболее высокая плотность, чаще всего она превышает 1,5 г/ см куб. Растения не могут укорениться в настолько плотной почве. А если помимо этого такая почва будет обработана гусеничной, либо колесной техникой, то плотность достигнет 1,8 - 1,9 г/см куб. В теории же плотность не может быть выше 2,0 г/см куб. Естественно, что данная почва абсолютно не подходит для растений.

У любой части почвенной толщи есть определенный объем в естественном состоянии. Если предположить, что из почвы можно вырезать кубик, имеющий стороны 10 см, то в сухом состоянии он будет содержать в себе исключительно почвенные частицы и воздух. По соотношению химических элементов и их плотности определяется масса почвенных частиц, в большинстве случаев она не больше 2,5 - 2,75 г/см куб. То есть кубический дециметр сухой почвы должен весить 2,5 - 2,75 кг, но в реальности он весит примерно 1,3 - 1,6 кг, ведь любые частицы не могут занять весь объем. Эту разницу в массе занимает воздух, который находится в поровом пространстве.

Самой важной агрофизической характеристикой почвы является объем пор, либо пористость. Данная характеристика будет зависеть от влажности почвы и механического состава. Количество влаги, находящееся в почве, зависит от структуры порового пространства. В случае крупных пор вода будет стекать свободно, оказываясь под давлением собственной тяжести. Если поры мельче, то влагу они удерживают гораздо лучше. Если взять сухой песок в пригоршню, то он рассыплется при разжимании ладони. Если же добавить влагу, то из песка можно слепить комок, вот только когда влага будет исчезать, комок также распадется. Глина же, напротив, твердая как камень, если даже пористость достаточно велика. Раскрошить ее можно только молотком, но изменения плотности не произойдет. Если глину смочить, то она станет очень мягкой и пластичной, при сжатии произойдет изменение пористости влажной минеральной массы. Произойдет слипание крупных пор, и они исчезнут. А в мелких порах происходит удержание воды с такой силой, что растениям невозможно взять ее из почвы.

Если выбирать почву по агрофизическим и водно-физическим свойствам, то наиболее оптимальной считается легкий, либо средний суглинок с плотностью 1,1 - 1,3 г/см куб. У такой почвы пористость будет примерно 45-55%.

Количество влаги, которое может удержать почва, называется наименьшей влагоемкостью почв. Вот только не стоит путать влагоемкость почвы и запасы воды в почве. У почвенной влаги есть несколько категорий:

- доступная,

- несвязанная,

- плёночная,

- рыхлосвязанная,

- гигроскопическая (прочносвязанная),

- кристаллизационная (абсолютно прочносвязанная).

Если в почве есть только гигроскопическая вода, то для ладони такая почва будет казаться совсем сухой. В данном состоянии почва имеет свойство пылить. Идентична по ощущениям почва, у которой на стенках пор остается пленка воды после того, как растения высосали доступную влагу.

У наиболее мелких пор, сила поверхностного давления на воду чаще всего гораздо выше, чем давление сосущей силы корней, в связи с чем вода остается недоступной. В случае суглинистых почв общий объем всех форм воды составляет примерно 30 -50 % от наименьшей влагоемкости. Вся же остальная вода является запасом, который используется растениями и микроорганизмами. Возможно увеличение водоудерживающей способности почвы, в случае улучшения внутренней структуры порового пространства. Для этого добавляется глина в песчаные почвы и, наоборот, песок в глинистые. Во только заранее лучше просчитать, насколько целесообразно и выгодно такое мероприятие на вашем дачном участке.

# Химические свойства и состав почв

В состав почвы входят четыре важнейших компонента:

- минеральная основа (50–60 % от общего объёма)

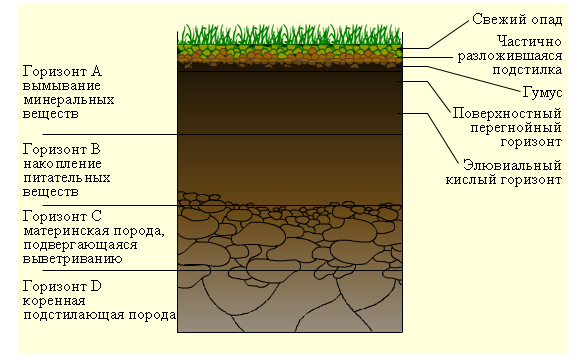
- органическое вещество (до 10 %)

- воздух (15–25 %)

- вода (25–35 %)

Почвы состоят из частиц различного размера, начиная от крупных валунов и заканчивая мелким грунтом (частицы мельче 2 мм в диаметре) и коллоидными частицами (< 1 мкм). Обычно частицы, составляющие почву, делят на глину (мельче 0,002 мм в диаметре), ил (0,002–0,02 мм), песок (0,02–2,0 мм) и гравий (больше 2 мм). Механическая структура почвы имеет очень важное значение для сельского хозяйства, определяет усилия, требуемые для обработки почвы, необходимое количество поливов и т. п. Хорошие почвы содержат примерно одинаковое количество песка и глины; они называются суглинками. Преобладание песка делает почву более рассыпчатой и лёгкой для обработки; с другой стороны, в ней хуже удерживается вода и питательные вещества. Глинистые почвы плохо дренируются, являются сырыми и клейкими, но зато содержат много питательных веществ и не выщелачиваются. Каменистость почвы (наличие крупных частиц) влияет на износ сельскохозяйственных орудий (Рис. 10).

В состав почвы входят песок и алеврит (формы кварца (кремнезёма) SiO2 с добавками силикатов (Al4(SiO4)3, Fe4(SiO4)3, Fe2SiO4) и глинистых минералов (кристаллические соединения силикатов и гидроксида алюминия).



**Рис. 10. *Процессы почвообразования на разных горизонтах***

Органические вещества в почве образуются из остатков растений и животных. Важную роль в процессе разложения играют сапрофиты. В результате образуется аморфная масса – гумус – тёмно-коричневого или чёрного цвета (Рис. 7). Химический состав гумуса – фенольные соединения, карбоновые кислоты, эфиры жирных кислот. В почве частицы гумуса прилипают к глине, образуя единый комплекс. Гумус улучшает свойства почвы, повышая ее способность удерживать влагу и растворённые минеральные вещества. В болотистых почвах образование гумуса идёт очень медленно. Органические остатки спрессовываются здесь в торф.

Некоторые химические элементы (азот, фосфор, сера) в процессе разложения переходят из органических соединений в неорганические. Происходит так называемый процесс минерализации вещества.

Воздух и вода удерживаются в почве в промежутках между её частицами. Часть воды просачивается сквозь почву, образуя грунтовые воды; остальная вода остаётся в почве благодаря силам поверхностного натяжения либо адсорбируется на поверхностях кристаллов кварца или глины.

Почва образуется из горной породы в результате выветривания и деятельности живых организмов. Суточные температурные колебания приводят к расширению и сжатию горных пород. Неравномерное расширение ведёт к их постепенному разрушению. Вода, просачиваясь в трещины, при замерзании создаёт огромное давление, что также способствует разрушению породы. Перемещаемые водой и ветром частицы вызывают эрозию. Наконец, выветривание вызывается вымыванием из горной породы различных химических веществ водой. Важным фактором, определяющим образование почвы, является рельеф местности.

Единая международная классификация почв пока ещё не разработана. Почвы одного типа обычно образуют широтные зоны, вытянутые вдоль областей с одинаковым увлажнением и среднегодовой температурой. В горах чётко прослеживается высотная зональность почв.

Почва образуется вследствие продолжительных процессов изменения материнской породы и содержит как продукты выветривания этих пород, так и продукты разложения живых организмов. Такое сочетание продуктов выветривания и продуктов разложения образует сложнейший химический состав и большое многообразие химических элементов, которые содержатся в почве. В состав почвы входят практически все известные химические элементы, но особый интерес представляют те из них, которые необходимы для питания растений.

В основном в состав почв входят следующие элементы (в % к валовому количеству):

-   кислород (содержится преимущественно в органическом веществе) - 55;

-   кремний (значительная часть в кварце) - 20;

-   углерод (в гумусе, органических остатках) - 2;

-   водород (больше в гумусе) - 5;

-   азот (в основном в гумусе) -0,1;

-   фосфор (в гумусе, в минеральной части) - 0,08;

-   сера (в гумусе) - 0,04;

-   железо - 2;

-   кальций - 2;

-   магний - 0,6;

-   калий - 1;

-   натрий - 1.

В пределах нашей страны выделяют пять основных почвенно-климатических зон, в которых развиваются следующие типы почв: подзолистые и дерново-подзолистые, черноземы, каштановые, сероземы, почвы влажных субтропиков (красноземы и желтоземы). Кроме того, выделяются разнообразные болотные почвы, почвы речных долин, горные почвы.

Все эти почвы далеко не равноценны по плодородию, и агрохимический состав их различен. Например, общее содержание основных элементов азота, фосфора и калия в пахотном слое дерново-подзолистых почв в среднем составляет (в процентах):

-   азота - 0,04 - 0,13;

-   фосфора (в окислах) -0,02-0,15;

-   калия (в окислах) -0,5-2,5.

В низинных торфах с травяной растительностью количество азота в десятки раз, фосфора в 2-5 раз больше, а калия в несколько раз меньше. Резко отличается содержание азота, фосфора и калия в почвах с разным механическим составом: например, в глинистых почвах, как правило, больше азота, чем в легкосуглинистых, а последние богаче песчаных. Это различие усиливается под влиянием естественной растительности.

Под хвойным лесом почвы бедны азотом, а в лиственных лесах, наоборот, содержание последнего выше, особенно если в них растет ольха, на корнях которой обитают клубеньковые бактерии, фиксирующие азот. Почвы смешанных лесов имеют более высокий общий запас азота в слое 30 и 50 см. В почвах болотного типа с низинным торфом количество азота, как это указывалось раньше, во много раз больше, чем в минеральных почвах.

Плодородный слой почвы - верхняя гумусированная часть почвенного покрова, обладающая благоприятными для роста растений химическими, физическими и биологическими свойствами.

Гумус - это сложный динамический комплекс органических соединений, образующихся при разложении органических остатков. Содержание гумуса в почвах определяется условиями и характером почвообразовательного процесса; оно колеблется в верхних горизонтах от 1 - 2 до 12 - 15%, резко или постепенно уменьшаясь с глубиной.

В составе почвенного гумуса выделяют специфическую часть (85 - 90 % всего гумуса), представленную гумусовыми веществами, и неспецифическую часть (10 - 15%), представленную негумифицированными органическими веществами. Последние по своему составу могут, быть весьма разнообразны и включать: азотистые соединения (белки, ферменты, аминокислоты), углеводы (моносахариды, олигосахариды, полисахариды), липиды (жиры, воски, фосфолипиды), дубильные вещества (таннины, галловая кислота, флобафены и другие полифенолы), органические кислоты; кроме того, лигнины, смолы, спирты, альдегиды.

Гумусовые вещества почвы представлены гуминовыми и фульвокислотами, а также гуминами.

Гуминовые кислоты - это высокомолекулярные азотсодержащие (до 3 - 6%) органические кислоты, имеющие циклическое строение, не растворимые в воде и минеральных кислотах, но растворимые в слабых щелочах и некоторых органических растворителях. Это группа веществ темного цвета, которые выделяются из почвы щелочами и осаждаются кислотами. Они характеризуются высоким содержанием углерода (50—62 %), аморфным состоянием, полидисперсностью (различной величиной частиц) и гетерогенностью.

Гуминовые кислоты состоят из углерода (50 - 62%), водорода (3 - 7%), кислорода (31 - 40%) и азота (2 - 6%). Их элементный состав зависит от типа почвы, химического состава разлагающихся остатков, условий гумификации. Так, гуминовые кислоты в подзолистых почвах в отличие от черноземов и каштановых почв содержат меньшее углерода, но больше водорода.

В составе гуминовых кислот может содержаться от 1 до 10 % зольных элементов, однако они не являются постоянными компонентами молекулы, а присоединяются в результате химических реакций.

Молекулы гуминовых кислот неодинаковы по размерам и химическому составу. Молекулярная масса их колеблется от 4000 до 100 000, поэтому они легко разделяются на фракции. Гуминовые кислоты в почвах находятся преимущественно в виде гелей, которые под действием минеральных кислот слабо гидролизуются, а под действием щелочей переходят в раствор.

При взаимодействии с катионами гуминовые кислоты образуют соли — гуматы, сложные органо - минеральные комплексы, которые могут устойчиво и прочно адсорбироваться поверхностью глинистых минералов. Гуматы одновалентных катионов К+, Na+, N+ образуют в почве коллоидные растворы — золи, которые легко растворяются и вымываются из почвы. Гуматы двух- и трехвалентных катионов (Са2+, Mg2+, Al3+, Fe3+) находятся в почве в виде нерастворимых гелей, не вымываются, накапливаются в местах образования, больше всего их в верхних слоях почвы.

Гуматы щелочей (натрия, калия, аммония) хорошо растворимы в воде, образуют истинные и коллоидные растворы, могут вымываться из верхних горизонтов почв, а при соответствующих условиях - иллювироваться в глубину почвенного профиля и там осаждаться и накапливаться. Это хорошо выражено в осолоделых солонцах и солонцеватых почвах.

Гуматы кальция и магния нерастворимы в воде и закрепляются в почве в виде гелей. Они способны склеивать и цементировать механические элементы в агрегаты и способствуют образованию водопрочной структуры. Это наблюдается в черноземных, лугово - черноземных и дерново - карбонатных почвах.

При взаимодействии гуминовых кислот с несиликатными соединениями образуются сложные органо - минеральные комплексы. Железо с гуминовыми кислотами связывается прочно и в последующем в реакциях обмена не участвует. В комплексах с алюминием часть алюминия проявляет способность к обмену. Образование комплексных соединений гуминовой кислоты способствует ее прочному закреплению в почве.

Основная часть гуминовых кислот в любой почве (рН более 5) находится в форме нерастворимых в воде органо - минеральных соединений, а в почвах с кислой реакцией (рН менее 5) - в форме дегидратированных гелей и частично растворяется при действии щелочных растворов, образуя молекулярные и коллоидные растворы.

Фульвокислоты — это гуминовые вещества желтого или красного цвета, которые остаются в растворе после выпадения в осадок гуминовых кислот. Благодаря высокой кислотности фульвокислоты разрушают почвенные минералы и способствуют перемещению продуктов разложения в нижние слои почвы. Фульвокислоты, как и гуминовые кислоты, представляют собой высокомолекулярные азотсодержащие органические кислоты, однако отличаются от гуминовых меньшим содержанием азота, более высокой кислотностью, высокой растворимостью в воде их соединений с минеральной частью почвы. Они растворяются в воде, кислотах, слабых растворах щелочей, пирофосфата натрия и водном растворе аммиака, образуя водорастворимые соли - фульваты. Кроме того, они растворяются во многих органических растворителях. Их растворы в зависимости от концентрации имеют окраску от соломенно - желтой до оранжевой. Водные растворы их обладают сильнокислой реакцией (рН 2,2 - 2,8). Фульвокислоты состоят из углерода, водорода, кислорода и азота, но меньше, чем гуминовые кислоты, содержат углерода и больше кислорода. В среднем в фульвокислотах содержится углерода 40 - 52 %, водорода 4 - 6 %, кислорода 40 - 48 % и азота 2 - 6 %

Фульвокислоты благодаря сильнокислой реакции и хорошей растворимости в воде энергично разрушают минеральную часть почвы.

Фульватные соли (фульваты) щелочных и щелочно - земельных металлов хорошо растворимы. Комплексные соединения фульвокислот с железом и алюминием также частично растворимы, причем фульватно - железистые сильнее, чем комплексы с алюминием. Степень подвижности таких комплексных соединений зависит от насыщенности их металлом. При высокой насыщенности комплекс становится нерастворимым и выпадает в осадок.

Гумины представляют ту часть гумуса, которая не извлекается из декальцинированной почвы щелочами. Они почти полностью извлекаются при попеременном воздействии на остаток почвы с гуминами различных кислот и щелочей. Гумины являются комплексом гуминовых веществ с меньшим содержанием углерода. Исследования показали, что в большинстве случаев гумины состоят из тех же групп гуминовых и фульвокислот, что и извлекаемые щелочью из гумуса. Эти кислоты в гуминах находятся в сложных и прочных связях как между собой, так и с минеральной частью почвы.

В группу гуминов входят также инертные карбонизированные углистые частицы и неполностью гумифицированные органические остатки. Содержание гуминов в гумусе составляет 15 - 20%, а в некоторых почвах даже 40 – 48% [14].

# Гумус и его свойства

В естественных условиях гумификация растительных остатков в почве осуществляется не только микробами и дождевыми червями, но и многими другими фитосапрофагами. Они создают мелкоземистость и рыхлость, влияют на физические свойства и структуру, на химические процессы, приводят к смешению химических элементов, их аккумуляции и стабилизации в форме гумусовых веществ, определяющих почвенное плодородие. Чем больше гумуса в почве, тем лучше водный, воздушный и тепловой режимы плодородного слоя, тем лучше питание растений, тем активнее идет образование нитратов и углекислоты, необходимых для фотосинтеза и фиксации атмосферного азота свободноживущими в корнеобитаемом горизонте микроорганизмами. Физико-химическое взаимодействие новообразованных гумусовых кислот с минералами предохраняет их от быстрого вовлечения в биохимический кругооборот и способствует закреплению гумуса в почве.

Органические вещества растительных остатков с помощью бактерий и червей превращаются в гумусные кислоты и фульвокислоты. В растительных остатках содержатся и так называемые зольные элементы - различные металлы, кремний и т.д. Гумусные кислоты и фульвокислоты взаимодействуют с металлами и образуют соли - гуматы и фульваты. Гуматы лития, калия, натрия растворимы, легко вымываются водой. Они же представляют наиболее ценную часть гумуса, легко доступную растениям. Гуматы кальция, магния, кремния и тяжелых металлов нерастворимы и составляют ту часть гумуса, которую можно назвать консервами почвенного плодородия. Они накапливались в черноземах весь послеледниковый период. Эти гуматы способны растворяться под влиянием ферментов корневой системы растений, но в количествах, удовлетворяющих только их потребность. Они не подвержены гидролизу, но оказывают большое влияние на создание агрономически ценной, связной, водопрочной и пористой структуры, не подверженной влиянию эрозийных воздействий.

Особо следует подчеркнуть, что гуматы тяжелых металлов еще более устойчивы к гидролизу ферментами корневой системы растений и практически не усваиваются ими. Это есть главное экологическое свойство гумуса - связывание тяжелых металлов в почве и предохранение всего живого на Земле от их токсического воздействия, в том числе от тяжелых радионуклидов! Это защитное свойство столь же важно для всего живого, как и защитное свойство озонового слоя вокруг Земли. Чем больше гумуса в почве, тем ярче выражено такое буферное свойство почв: пищевая и кормовая продукция, выращенная на высокогумусных почвах, является экологически чистой.

Буферное свойство гумусных почв можно проиллюстрировать следующими данными. По расчетам академика В. А. Ягодина (1990), при ежегодном сжигании в мире 33 млрд т угля вместе с золой рассеивается до 220 тыс. т урана и 280 тыс. т мышьяка (для сравнения: мировое производство этих двух металлов составляет соответственно 30 и 40 тыс. т в год). Кроме того, металлургические предприятия ежегодно выбрасывают на поверхность земли (с дымами) более 150 тыс. т меди, 120 тыс. т цинка, 90 тыс. т свинца, 30 т ртути, массу других металлов и многие миллионы тонн серной, соляной, азотной, фосфорной и других кислот. С выхлопными газами на поверхность почвы попадает более 250 тыс. т свинца. В процесс техногенного загрязнения окружающей среды вносит свой "вклад" и промышленность, производящая минеральные удобрения, в частности фосфорные (Р. Е. Елсшев, А. Л. Иванов, М. Шахаджахан, 1991). В почву попадают при этом все остальные элементы таблицы Д. И. Менделеева, включая кадмий, стронций, селен, фтор и т.д. и т.п. Трудно себе представить массу этих и других элементов, попавших в почву хотя бы за послевоенный период. Но вселенской катастрофы и гибели живого не произошло, отмечались лишь локальные болезни лесов, озер, и только в северных регионах Канады, Скандинавии, Сибири, где в почвах мало гумуса. Регионы с большим содержанием гумуса в почве пострадали меньше, а в странах, где производство гу-мусных удобрений освоено достаточно широко, быстро произошло оздоровление почвы, животных и людей (США, Канада, Западная Европа, Япония, страны Южной Азии и другие).

Гумус - это "хлеб для растений". В нем сосредоточено 98% запасов почвенного азота, 60% фосфора, 80% калия и содержатся все другие минеральные элементы питания растений в сбалансированном состоянии по природной технологии. В инертном гумусе пахотного слоя заключено до 87,5% энергии.

Наиболее богаты гумусом черноземы, где богатая травянистая растительность и активная деятельность микроорганизмов и дождевых червей способствуют обильному образованию гумусовых веществ, а высокое содержание глинистых минералов обеспечивает их закрепление в почве. Так формировался гумусовый фонд почвы - итоговый результат длительных (десятилетия и столетия) и разнообразных процессов разложения и консервации веществ растительного и микробного происхождения.

Запасы гумуса в почвенном покрове земли распределены неравномерно: больше всего его в черноземах луговых степей - от 400 до 700 т/га, меньше - в почвах тундр и пустынь - всего 0,6...0,7 т/га.

Гумус не только участвует в снабжении растений азотом, фосфором, калием и другими важными макро- и микроэлементами питания, неоспорима его роль и в других важнейших процессах почвообразования и обеспечения плодородия почв, таких, как предохранение почв от выветривания, создание их гранулярной структуры, снабжение растений необходимой для фотосинтеза углекислотой, биологически активными ростовыми веществами. Поэтому сохранение и преумножение запасов гумуса - одна из первоочередных задач земледельцев.

Агрономическая ценность гумуса в значительной степени определяется соотношением содержащихся в нем гуминовых кислот и фульвокислот. При преимущественном синтезе гуминовых кислот в почвах формируется четко выраженный гумусовый горизонт, обладающий высоким плодородием. Такие почвы характеризуются водопрочной, водоемкой структурой и гидрофильностью, богаты органическими формами азота, фосфора и других элементов питания растений.

При интенсивном образовании фульватного гумуса почвы легко обедняются щелочными катионами и другими элементами, приобретают кислую реакцию среды, обеструктуриваются. Повышение плодородия этих почв связано с длительным окультуриванием и внесением больших доз биогумуса (до 100 т/га).

В гумусе сосредоточено огромное количество энергии. При расчете ее теплотворная способность гумуса для всех типов почв условно принимается равной 4000 калорий на 1 г. Из изученных почв по энергетике гумуса резко выделяется чернозем - 20000 калорий в призме сечением 1 см2 и мощностью до 300 см. Гумус других типов почв характеризуется значительно меньшими запасами энергии - 4000...8000 калорий в том же объеме почвы. Если сравнить содержание энергии на 1 га земли, имеющем запас энергии в призме 4000 малых калорий, то общий ее запас сопоставим с 50000 л бензина, а на черноземах – 250000 л.

Огромные запасы аккумулированной в гумусе энергии играют чрезвычайно важную роль в самых разнообразных почвенных процессах;

Гумус – основной источник энергии для процессов превращения в почве минеральных соединений, биосинтетических реакций, жизнедеятельности микроорганизмов, роста и формирования растений и т.д. Черноземы, как было отмечено, характеризуются преобладающей аккумуляцией энергии в гумусе (88% суммы энергии в гумусе и растительном веществе), что хорошо согласуется с выдающимся и устойчивым плодородием черноземов.

Плодородие полей и огородов напрямую связано с количеством и качеством гумуса в почвах. Наиболее богаты им черноземы. В знаменитых черноземах Центрального и Северокавказского регионов содержалось 10...14% гумуса, а мощность слоя чернозема – до 1 м.

Хорошо изучена важная роль гумусовых веществ как физиологически активных соединений для растений. Высокогумусированные почвы отличаются более высоким содержанием физиологически активных веществ. Гумус активизирует биохимические и физиологические процессы, Повышает обмен веществ и общий энергетический уровень процессов в растительном организме, способствует усиленному поступлению в него элементов питания, что сопровождается повышением урожая и улучшением его качества.

В литературе накоплен огромный экспериментальный материал, показывающий тесную зависимость урожая от уровня гумусированности почв. Коэффициент корреляции содержания гумуса в почве и урожая составляет 0,7...0,8 (данные ВНИПТИОУ, 1989). Так, в исследованиях Белорусского научно-исследовательского института почвоведения и агрохимии (БелНИИПА) увеличение количества гумуса в дерново-подзолистых почвах на 1% (в пределах его изменения от 1,5 до 2,5...3%) повышает урожайность зерна озимой ржи и ячменя на 10...15 ц/га. В колхозах и совхозах Владимирской области при содержании гумуса в почве до 1% урожай зерновых в период 1976-1980 гг. не превышал 10 ц/га, при 1,6...2% составлял 15 ц/га, 3,5...4% - 35 ц/га. В Кировской области прирост гумуса на 1% окупается получением дополнительно 3...6 ц зерна, в Воронежской - 2 ц, в Краснодарском крае - 3...4 ц/га.

Еще более существенна роль гумуса в увеличении отдачи при умелом применении химических удобрений, эффективность его при этом увеличивается в 1,5...2 раза. Однако необходимо помнить, что химические удобрения, внесенные в почву, вызывают усиленное разложение гумуса, что приводит к снижению его содержания.

Практика современного сельскохозяйственного производства показывает, что повышение содержания гумуса в почвах является одним из основных показателей их окультурирования. При низком уровне гумусовых запасов внесение одних минеральных удобрений не приводит к стабильному повышению плодородия почв. Более того, применение высоких доз минеральных удобрений на бедных органическим ве¬ществом почвах часто сопровождается неблагоприятным действием их на почвенную микро- и макрофлору, накоплением в растениях нитра-тов и других вредных соединений, а во многих случаях и снижением урожая сельскохозяйственных культур.

# Б. Происхождение и состав плодородного слоя почвы

К органической части почвы относятся неразложившиеся и полуразложившиеся остатки растений, почвенных животных и гумус. Остатки растительных и животных организмов, постепенно разлагаясь, восстанавливают и пополняют в почве запасы гумуса. Процесс происходит при активном участии микроорганизмов и животных (дождевых червей, личинок насекомых). Этот сложный биохимический процесс распада и синтеза идет одновременно.

Во время разложения органического вещества вследствие действия ферментов, которые выделяют грибы и бактерии, происходят процессы повторного синтеза, полимеризации и конденсации с образованием новых высокомолекулярных соединений коллоидного характера. Образуется сложное органическое вещество, получившее название гумус (почвенный перегной). Почвы сильно отличаются по содержанию, составу и свойствам гумуса.

В состав гумуса входят гуминовые кислоты, фульвокислоты и гумины.

Гуминовые кислоты — наиболее ценная часть гумуса, они имеют большую собирательную поверхность, играют важную роль в образовании агрономически ценной структуры почвы и основного фонда питательных веществ (прежде всего азот для растений).

Состав перегноя и соотношение гуминовых и фульвокислот в разных почвах неодинаковы. Состав перегноя в значительной мере определяется составом высших растений, остатки которых составляют основу его образования, а также соотношением групп микроорганизмов, особенностями увлажнения и распада органического вещества, а в обрабатываемых почвах — способами обработки и удобрением почвы, севооборотами.

Гумус играет важную роль в процессах, происходящих в почвах. Он улучшает его химические, физико-химические и биологические свойства. Свежий почвенный перегной насыщает комочки почвы, склеивает их, а кальций и магний цементирует, способствуя образованию прочной, агрономически ценной структуры. Медленно разлагаясь, гумус является источником зольных элементов и азота для растений, а вбирая растворимые элементы питания (калий, фосфор), предотвращает их вымывание.

Факторы почвообразования, внешние условия в значительной мере влияют на накопление, особенности образования органических остатков и состав гумуса. Решающую роль в этом имеют растительность и соответствующая ей микрофлора почвы, которая разлагает остатки этой растительности. Например, древесный опад хвойных лесов медленно разлагается преимущественно грибной микрофлорой почвы, вследствие чего образуется гумус с содержанием большого количества фульвокислот. Они растворяют минеральные вещества верхнего слоя почвы, и почвообразующий процесс идет по типу подзолообразования. Этому содействуют повышенная кислотность материнской породы (морена, моренные отложения), достаточное количество осадков.

В почвах, покрытых травянистой растительностью, особенности и химический состав отмерших остатков другие, разлагаются они преимущественно бактериями, вследствие чего образуется больше малорастворимых гуминовых кислот, которые вступают в соединения с кальцием, магнием и другими катионами почвы, закрепляя в гумусе питательные вещества. Это способствует образованию хорошей структуры и других благоприятных физических свойств почвы.

Незначительное проникновение осадков в глубокие слои почвы, содержание в материнской породе карбонатов кальция и магния способствуют накоплению в ней значительных количеств гумуса. В таких условиях образовались черноземы и лугово-черноземные почвы, содержание гумуса в которых составляет 5—6 %, а в отдельных случаях— 10—12 %.

От содержания и качества почвенного перегноя в значительной мере зависит плодородие почвы.

Разные типы почв содержат неодинаковое количество гумуса. Бедные на гумус подзолистые и дерново-подзолистые почвы полесья содержат его от 0,5 до 2 %, серые лесные почвы лесостепи — 1,5—3,0%. В черноземах лесостепной и степной зон Украины от 3 до 6 % гумуса, а в черноземах Сибири его накапливается до 10—12 %. Торфяные почвы, в которых остатки водной и болотной растительности разлагаются без доступа воздуха, содержат 80—90 % органического вещества.

Гумус почвы необходимо не только сохранять, но и заботиться об увеличении его содержания и повышении качества. С этой целью вносят в почву перегной, торф, компосты, высевают многолетние травы, люпин и т. д. Внесение достаточного количества минеральных удобрений и окультуривание способствуют развитию в почве микрофлоры, что, в свою очередь, усиливает процессы образования гумуса с преобладанием в нем гуминовых кислот. Противоэрозионная безотвальная обработка предотвращает разложение и способствует накоплению гумуса [11].

# Почвенная фауна

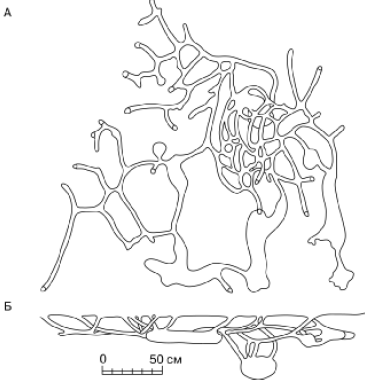
Почва — уникальная среда обитания для почвенной фауны.

Эта среда характеризуется отсутствием резких колебаний температуры и влажности, разнообразием органических веществ, использующихся в качестве источника питания, содержит поры и полости разных размеров, в ней постоянно есть влага.

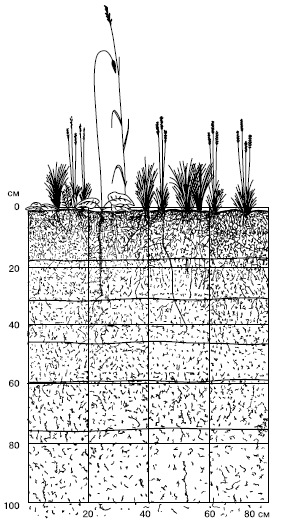
Большое влияние на процессы почвообразования оказывают многочисленные представители почвенной фауны — беспозвоночные, позвоночные и простейшие, населяющие различные горизонты почвы и живущие на ее поверхности. Почвенные животные, с одной стороны, приспосабливаются к почвенной среде, видоизменяют свою форму, строение, характер функционирования, а, с другой — активно воздействуют на почву, изменяя структуру порового пространства и перераспределяя по глубине органо-минеральные вещества в профиле. В почвенном биоценозе формируются сложные устойчивые пищевые цепи. Большинство почвенных животных питаются растениями и растительными остатками, остальные — хищники. Каждому типу почв свойственны свои особенности биоценоза: его структура, биомасса, распределение в профиле и параметры функционирования.

Почва представляет собой рыхлый тонкий поверхностный слой суши, контактирующий с воздушной средой. Несмотря на незначительную толщину, эта оболочка Земли играет важнейшую роль в распространении жизни. Почва представляет собой не просто твердое тело, как большинство пород литосферы, а сложную трехфазную систему, в которой твердые частицы окружены воздухом и водой. Она пронизана полостями, заполненными смесью газов и водными растворами, и поэтому в ней складываются чрезвычайно разнообразные условия, благоприятные для жизни множества микро– и макроорганизмов (Рис. 11). В почве сглажены температурные колебания по сравнению с приземным слоем воздуха, а наличие грунтовых вод и проникновение осадков создают запасы влаги и обеспечивают режим влажности, промежуточный между водной и наземной средой. В почве концентрируются запасы органических и минеральных веществ, поставляемых отмирающей растительностью и трупами животных. Все это определяет большую насыщенность почвы жизнью.

В почве сосредоточены корневые системы наземных растений (Рис. 12).



**Рис. 11. *Подземные ходы полевки Брандта: А – вид сверху; Б – вид сбоку***



**Рис. 12. *Размещение корней в степной черноземной почве***

***(по М. С. Шалыту, 1950)***

В среднем на 1 м2 почвенного слоя приходится более 100 млрд клеток простейших, миллионы коловраток и тихоходок, десятки миллионов нематод, десятки и сотни тысяч клещей и коллембол, тысячи других членистоногих, десятки тысяч энхитреид, десятки и сотни дождевых червей, моллюсков и прочих беспозвоночных. Кроме того, 1 см2 почвы содержит десятки и сотни миллионов бактерий, микроскопических грибов, актиномицетов и других микроорганизмов. В освещенных поверхностных слоях в каждом грамме обитают сотни тысяч фотосинтезирующих клеток зеленых, желто-зеленых, диатомовых и сине-зеленых водорослей. Живые организмы столь же характерны для почвы, как и ее неживые компоненты. Поэтому В. И. Вернадский отнес почву к биокосным телам природы, подчеркивая насыщенность ее жизнью и неразрывную связь с ней.

Неоднородность условий в почве резче всего проявляется в вертикальном направлении. С глубиной резко меняется ряд важнейших экологических факторов, влияющих на жизнь обитателей почвы. Прежде всего это относится к структуре почвы. В ней выделяют три основных горизонта, различающихся по морфологическим и химическим свойствам:

1. верхний перегнойно-аккумулятивный горизонт А, в котором накапливается и преобразуется органическое вещество и из которого промывными водами часть соединений выносится вниз;
2. горизонт вмывания, или иллювиальный В, где оседают и преобразуются вымытые сверху вещества, и
3. материнскую породу, или горизонт С, материал которой преобразуется в почву.

В пределах каждого горизонта выделяются более дробные слои, также сильно различающиеся по свойствам. Например, в зоне умеренного климата под хвойными или смешанными лесами горизонт *А* состоит из подстилки *(А0)* – слоя рыхлого скопления растительных остатков, темноокрашенного гумусового слоя *(А1),* в котором частицы органического происхождения перемешаны с минеральными, и подзолистого слоя *(А2)* – пепельно-серого по цвету, в котором преобладают соединения кремния, а все растворимые вещества вымыты в глубину почвенного профиля. Как структура, так и химизм этих слоев очень различны, и поэтому корни растений и обитатели почвы, перемещаясь всего на несколько сантиметров вверх или вниз, попадают в другие условия.

Размеры полостей между частицами почвы, пригодных для обитания в них животных, обычно быстро уменьшаются с глубиной. Например, в луговых почвах средний диаметр полостей на глубине 0–1 см составляет 3 мм, 1–2 см – 2 мм, а на глубине 2–3 см – всего 1 мм; глубже почвенные поры еще мельче. Плотность почвы также изменяется с глубиной. Наиболее рыхлы слои, содержащие органическое вещество. Порозность этих слоев определяется тем, что органические вещества склеивают минеральные частицы в более крупные агрегаты, объем полостей между которыми увеличивается. Наиболее плотен обычно иллювиальный горизонт *В,* сцементированный вымытыми в него коллоидными частицами.

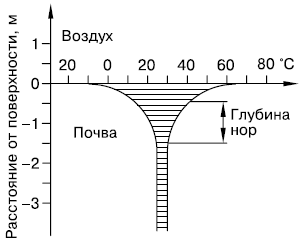
Влага в почве присутствует в различных состояниях:

1. связанная (гигроскопическая и пленочная) прочно удерживается поверхностью почвенных частиц;
2. капиллярная занимает мелкие поры и может передвигаться по ним в различных направлениях;
3. гравитационная заполняет более крупные пустоты и медленно просачивается вниз под влиянием силы тяжести;
4. парообразная содержится в почвенном воздухе.

Содержание воды неодинаково в разных почвах и в разное время. Если слишком много гравитационной влаги, то режим почвы близок к режиму водоемов. В сухой почве остается только связанная вода и условия приближаются к наземным. Однако даже в наиболее сухих почвах воздух влажнее наземного, поэтому обитатели почвы значительно менее подвержены угрозе высыхания, чем на поверхности.

Состав почвенного воздуха изменчив. С глубиной в нем сильно падает содержание кислорода и возрастает концентрация углекислого газа. В связи с присутствием в почве разлагающихся органических веществ в почвенном воздухе может быть высокая концентрация таких токсичных газов, как аммиак, сероводород, метан и др. При затоплении почвы или интенсивном гниении растительных остатков местами могут возникать полностью анаэробные условия.

Колебания температуры резки только на поверхности почвы. Здесь они могут быть даже сильнее, чем в приземном слое воздуха. Однако с каждым сантиметром вглубь суточные и сезонные температурные изменения становятся все меньше и на глубине 1–1,5 м практически уже не прослеживаются (Рис. 13).



**Рис. 13. *Уменьшение годовых колебаний температуры почвы с глубиной (по К. Шмидт-Нильсону, 1972). Заштрихованная часть – размах годовых колебаний температуры***

Все эти особенности приводят к тому, что, несмотря на большую неоднородность экологических условий в почве, она выступает как достаточно стабильная среда, особенно для подвижных организмов. Крутой градиент температур и влажности в почвенном профиле позволяет почвенным животным путем незначительных перемещений обеспечить себе подходящую экологическую обстановку.

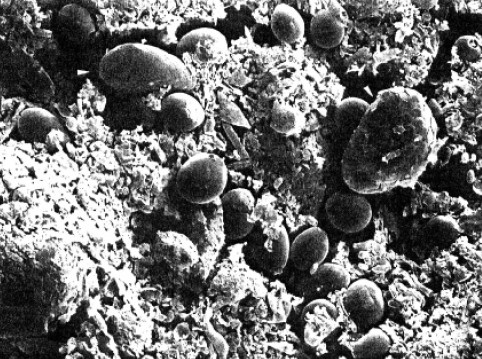
Неоднородность почвы приводит к тому, что для организмов разных размеров она выступает как разная среда. Для микроорганизмов особое значение имеет огромная суммарная поверхность почвенных частиц, так как на них адсорбируется подавляющая часть микробного населения. Сложность почвенной среды создает большое разнообразие условий для самых разных функциональных групп: аэробов и анаэробов, потребителей органических и минеральных соединений. Для распределения микроорганизмов в почве характерна мелкая очаговость, поскольку даже на протяжении нескольких миллиметров могут сменяться разные экологические зоны.

По размерам особей представители почвенной фауны делятся на четыре группы:

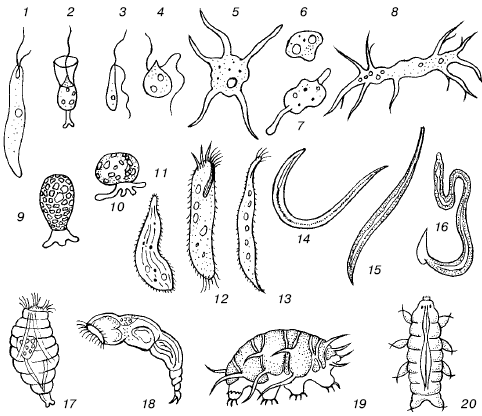
* **микрофауна** — организмы менее 0,2 мм (главным образом, простейшие, нематоды, ризоподы, эхинококки, живущие во влажной почвенной среде);
* **мезофауна** — животные размером от 0,2 до 4 мм (микроартроподы, мельчайшие насекомые и специфические черви, приспособленные к жизни в почве, имеющей достаточно влажный воздух);
* **макрофауна** — животные размером 4—80 мм (земляные черви, моллюски, насекомые — муравьи, термиты и др.);
* **мегафауна** — животные более 80 мм (крупные насекомые, скорпионы, кроты, змеи, мелкие и крупные грызуны, лисы, барсуки и другие животные, роющие в почвах ходы и норы).

Рассмотрим подробнее каждую из групп.

Для мелких почвенных животных (Рис. 14, 15), которых объединяют под названием ***микрофауна*** (простейшие, коловратки, тихоходки, нематоды и др.), почва – это система микроводоемов. По существу, это водные организмы. Они живут в почвенных порах, заполненных гравитационной или капиллярной водой, а часть жизни могут, как и микроорганизмы, находиться в адсорбированном состоянии на поверхности частиц в тонких прослойках пленочной влаги. Многие из этих видов обитают и в обычных водоемах. Однако почвенные формы намного мельче пресноводных и, кроме того, отличаются способностью долго находиться в инцистированном состоянии, пережидая неблагоприятные периоды. В то время как пресноводные амебы имеют размеры 50-100 мкм, почвенные – всего 10–15. Особенно мелки представители жгутиковых, нередко всего 2–5 мкм. Почвенные инфузории также имеют карликовые размеры и к тому же могут сильно менять форму тела.



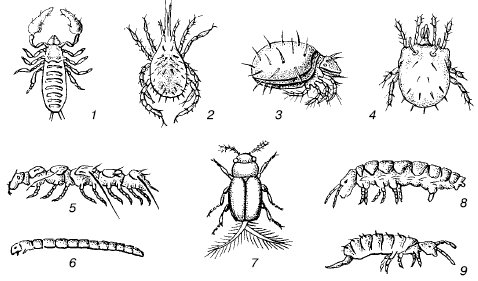
**Рис. 14. *Раковинные амебы, питающиеся бактериями на разлагающихся листьях лесной подстилки***



**Рис. 15. *Микрофауна почвы (по W. Dunger, 1974):***

***1–4– жгутиковые; 5–8 – голые амебы; 9-10 – раковинные амебы; 11–13 – инфузории; 14–16 – круглые черви; 17–18 – коловратки; 19–20 – тихоходки***

Для дышащих воздухом несколько более крупных животных почва предстает как система мелких пещер. Таких животных объединяют под названием ***мезофауна*** (Рис. 16). Размеры представителей мезофауны почв – от десятых долей до 2–3 мм. К этой группе относятся в основном членистоногие: многочисленные группы клещей, первичнобескрылые насекомые (коллемболы, протуры, двухвостки), мелкие виды крылатых насекомых, многоножки симфилы и др. У них нет специальных приспособлений к рытью. Они ползают по стенкам почвенных полостей при помощи конечностей или червеобразно извиваясь. Насыщенный водяными парами почвенный воздух позволяет дышать через покровы. Многие виды не имеют трахейной системы. Такие животные очень чувствительны к высыханию. Основным средством спасения от колебания влажности воздуха для них является передвижение вглубь. Но возможность миграции по почвенным полостям вглубь ограничивается быстрым уменьшением диаметра пор, поэтому передвижения по скважинам почвы доступны только самым мелким видам. Более крупные представители мезофауны обладают некоторыми приспособлениями, позволяющими переносить временное снижение влажности почвенного воздуха: защитными чешуйками на теле, частичной непроницаемостью покровов, сплошным толстостенным панцирем с эпикутикулой в сочетании с примитивной трахейной системой, обеспечивающей дыхание.



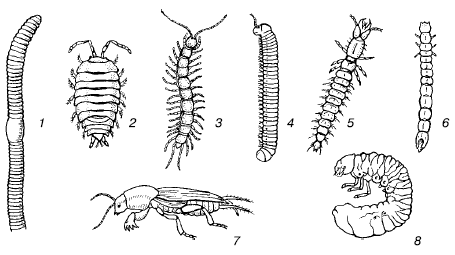
**Рис. 16. *Мезофауна почв (no W. Danger, 1974):***

***1– лжескориион; 2 – гамановый клеш; 3–4 панцирные клещи; 5 – многоножка пауроиода; 6 – личинка комара-хирономиды; 7 – жук из сем. Ptiliidae; 8–9 коллемболы***

Периоды затопления почвы водой представители мезофауны переживают в пузырьках воздуха. Воздух задерживается вокруг тела животных благодаря их несмачивающимся покровам, снабженным к тому же волосками, чешуйками и т. п. Пузырек воздуха служит для мелкого животного своеобразной «физической жаброй». Дыхание осуществляется за счет кислорода, диффундирующего в воздушную прослойку из окружающей воды.

Представители микро– и мезофауны способны переносить зимнее промерзание почвы, так как большинство видов не может уходить вниз из слоев, подвергающихся воздействию отрицательных температур.

Более крупных почвенных животных, с размерами тела от 2 до 20 мм, называют представителями ***макрофауны*** (Рис. 17). Это личинки насекомых, многоножки, энхитреиды, дождевые черви и др. Для них почва – плотная среда, оказывающая значительное механическое сопротивление при движении. Эти относительно крупные формы передвигаются в почве либо расширяя естественные скважины путем раздвигания почвенных частиц, либо роя новые ходы. Оба способа передвижения накладывают отпечаток на внешнее строение животных.



**Рис. 17*. Макрофауна почв (no W. Danger, 1974):***

***1– дождевой червь; 2 – мокрица; 3 – губоногая многоножка; 4 – двупарнононогая многоножка; 5 – личинка жужелицы; 6 – личинка щелкуна; 7 – медведка; 8 – личинка хруща***

Возможность двигаться по тонким скважинам, почти не прибегая к рытью, присуща только видам, которые имеют тело с малым поперечным сечением, способное сильно изгибаться в извилистых ходах (многоножки – костянки и геофилы). Раздвигая частицы почвы за счет давления стенок тела, передвигаются дождевые черви, личинки комаров-долгоножек и др. Зафиксировав задний конец, они утончают и удлиняют передний, проникая в узкие почвенные щели, затем закрепляют переднюю часть тела и увеличивают его диаметр. При этом в расширенном участке за счет работы мышц создается сильное гидравлическое давление несжимающейся внутриполостной жидкости: у червей – содержимого целомических мешочков, а у типулид – гемолимфы. Давление передается через стенки тела на почву, и таким образом животное расширяет скважину. При этом сзади остается открытый ход, что грозит увеличением испарения и преследованием хищников. У многих видов развиты приспособления к экологически более выгодному типу передвижения в почве – рытью с закупориванием за собой хода. Рытье осуществляется разрыхлением и отгребанием почвенных частиц. Личинки разных насекомых используют для этого передний конец головы, мандибулы и передние конечности, расширенные и укрепленные толстым слоем хитина, шипами и выростами. На заднем конце тела развиваются приспособления для прочной фиксации – выдвигающиеся подпорки, зубцы, крючья. Для закрывания хода на последних сегментах у ряда видов имеется специальная вдавленная площадка, обрамленная хитиновыми бортиками или зубцами, своего рода тачка. Подобные площадки образуются на задней части надкрылий и у жуков-короедов, которые тоже используют их для закупоривания ходов буровой мукой. Закрывая за собой ход, животные – обитатели почвы постоянно находятся в замкнутой камере, насыщенной испарениями собственного тела.

Газообмен большинства видов этой экологической группы осуществляется при помощи специализированных органов дыхания, но наряду с этим дополняется газообменом через покровы. Возможно даже исключительно кожное дыхание, например у дождевых червей, энхитреид.

Роющие животные могут уходить из слоев, где возникает неблагоприятная обстановка. В засуху и к зиме они концентрируются в более глубоких слоях, обычно в нескольких десятках сантиметров от поверхности.

***Мегафауна*** почв – это крупные землерои, в основном из числа млекопитающих. Ряд видов проводит в почве всю жизнь (слепыши, слепушонки, цокоры, кроты Евразии, златокроты

Африки, сумчатые кроты Австралии и др.). Они прокладывают в почве целые системы ходов и нор. Внешний облик и анатомические особенности этих животных отражают их приспособленность к роющему подземному образу жизни. У них недоразвиты глаза, компактное, вальковатое тело с короткой шеей, короткий густой мех, сильные копательные конечности с крепкими когтями. Слепыши и слепушонки разрыхляют землю резцами. К мегафауне почвы следует отнести и крупных олигохет, в особенности представителей семейства Megascolecidae, обитающих в тропиках и Южном полушарии. Самый крупный из них австралийский Megascolides australis достигает в длину 2,5 и даже 3 м.

Кроме постоянных обитателей почвы, среди крупных животных можно выделить большую экологическую группу ***обитателей нор*** (суслики, сурки, тушканчики, кролики, барсуки и т. п.). Они кормятся на поверхности, но размножаются, зимуют, отдыхают, спасаются от опасности в почве. Целый ряд других животных использует их норы, находя в них благоприятный микроклимат и укрытие от врагов. Норники обладают чертами строения, характерными для наземных животных, но имеют ряд приспособлений, связанных с роющим образом жизни. Например, у барсуков длинные когти и сильная мускулатура на передних конечностях, узкая голова, небольшие ушные раковины. У кроликов по сравнению с зайцами, не роющими нор, заметно укорочены уши и задние ноги, более прочный череп, сильнее развиты кости и мускулатура предплечий и т. п.

По целому ряду экологических особенностей почва является средой, промежуточной между водной и наземной. С водной средой почву сближают ее температурный режим, пониженное содержание кислорода в почвенном воздухе, насыщенность его водяными парами и наличие воды в других формах, присутствие солей и органических веществ в почвенных растворах, возможность двигаться в трех измерениях.

С воздушной средой почву сближают наличие почвенного воздуха, угроза иссушения в верхних горизонтах, довольно резкие изменения температурного режима поверхностных слоев [2].

По степени связи с почвой выделяют три группы животных:

* **Геобионты** — животные, весь цикл развития которых протекает в почве (дождевые черви, ногохвостки, многоножки).
* **Геофилы** — обитатели почвы, часть цикла развития которых обязательно проходит в почве (большинство насекомых). Среди них различают виды, в личиночной стадии обитающие в почве, а во взрослом состоянии оставляющие ее (хрущи, щелкуны, комары-долгоножки и др.), и обязательно Ходящие в почву для окукливания (колорадский жук и др.)
* **Геоксены** — животные, более или менее случайно уходящие в почву как временное убежище (земляные блошки, вредная черепашка и др.).

Для организмов разных размеров почвы предоставляют различные типы среды. Микроскопические объекты (простейшие, коловратки) в почве остаются обитателями водной среды. Во влажные периоды они плавают в порах, заполненных водой, как в водоеме. Физиологически они являются водными организмами. Основные особенности почвы как среды обитания для таких организмов – преобладание влажных периодов, динамика влажности и температуры, солевой режим, размеры полостей и пор.

Для более крупных (не микроскопических, но мелких) организмов (клещи, ногохвостки, жуки) среда обитания в почве — совокупность ходов и полостей. Их обитание в почве сравнимо с обитанием в насыщенной влагой пещере. Значение имеют развитая порозность, достаточный уровень влажности и температуры, содержание в почве органического углерода. Для почвенных животных большого размера (дождевых червей, многоножек, личинок жуков) средой обитания служит вся почва. Для них важна плотность сложения всего профиля. Форма животных отражает адаптацию к передвижению в рыхлой или плотной почве.

Среди почвенных животных абсолютно преобладают беспозвоночные. Их суммарная биомасса в 1000 раз больше общей биомассы позвоночных. По подсчетам специалистов, биомасса беспозвоночных животных в разных природных зонах изменяется в широком диапазоне: от 10—70 кг/га в тундре и пустыне до 200 в почвах хвойных лесов и 250 в почвах степи. Широко распространены в почве дождевые черви, многоножки, личинки двукрылых и жуков, взрослые жуки, моллюски, муравьи, термиты. Их число на, 1 м2 лесной почвы может достигать нескольких тысяч.

Функции беспозвоночных и позвоночных животных в почвообразовании важны и разнообразны:разрушение и измельчение органических остатков (увеличивая в сотни и тысячи раз их поверхность, животные делают их доступными для дальнейшего разрушения грибами и бактериями), поедание органических остатков на поверхности почвы и внутри ее. Накопление в телах элементов питания и, главным образом, синтез азотсодержащих соединений белкового характера (после завершения жизненного цикла животного наступает распад тканей и возврат в почву накопленных в его теле веществ и энергии);перемещение масс грунта и почвы, формирование своеобразного микро- и нано рельефа, образование зоогенной структуры и порового пространства.

Примером необычайно интенсивного воздействия на почву служит работа дождевых червей. На площади 1 га черви ежегодно пропускают через свой кишечник в разных почвенно-климатических зонах от 50 до 600 т мелкозема почвы. Вместе с минеральной массой при этом поглощается и перерабатывается огромное количество органических остатков. В среднем в течение года черви производят экскрементов (копролитов) около 25 т/га.

# Типичные проблемы городских почв

Городские почвы – это антропогенно измененные почвы, имеющие созданный в результате человеческой деятельности поверхностный слой мощностью более 50 см, полученный перемешиванием, насыпанием или погребением материала урбаногенного происхождения, в том числе строительно-бытового мусора.

Общие черты городских почв следующие:

* материнская порода – насыпные, намывные или перемешанные грунты или культурный слой;
* включения строительного и бытового мусора в верхних горизонтах;
* нейтральная или щелочная реакция (даже в лесной зоне);
* высокая загрязненность тяжелыми металлами (ТМ) и нефтепродуктами;
* особые физико-механические свойства почв (пониженная влагоемкость, повышенная объемная масса, уплотненность, каменистость);
* рост профиля вверх за счет постоянного привнесения различных материалов и интенсивного эолового напыления .
* формирование почв на насыпных, намывных, перемешанных грунтах и культурном слое;
* наличие включений строительного и бытового мусора в верхних горизонтах;
* изменение кислотно-щелочного баланса с тенденцией к подщелачиванию;
* высокая загрязненность тяжелыми металлами, нефтепродуктами, компонентами выбросов промышленных предприятий;
* изменение физико-механических свойств почв (пониженная влагоемкость, повышенная плотность, каменистость и т.д.);
* рост профиля за счет интенсивного напыления.

 Можно выделить некоторые группы городских почв: естественные ненарушенные, сохраняющие нормальное залегание горизонтов естественных почв (почвы городских лесов и лесопарков); естественно-антропогенные поверхностно преобразованные, почвенный профиль которых изменен в слое мощностью менее 50 см; антропогенные глубокопреобразованные почвы, формирующиеся на культурном слое или насыпных, намывных и перемешанных грунтах мощностью более 50 см, в которых произошла физико-механическая перестройка профилей или химическое преобразование за счет химического загрязнения; урботехноземы – искусственные почвогрунты, созданные путем обогащения плодородным слоем, торфо-компостной смесью насыпных или других свежих грунтов. В городе Йошкар-Оле, в Заречной части города, целый микрорайон построен на искусственном грунте – песке, который намыт со дна р. Малая Кокшага, толщина грунта доходит до 6 м.

Итак, в зависимости от степени преобразованности различают следующие типы Московских городских почв:

1. **Поверхностно-преобразованные** (нарушение естественного профиля составляет менее 50 см и естественный тип почвы можно определить). Такие почвы находятся вдоль МКАД, в пойме Москвы-реки, в городских парках.

2. **Глубоко преобразованные** почвы (преобразовано более 50 см или меньше, тип естественной почвы определить невозможно).

1. Урбозёмы (городские почвы). Такие почвы, развивающиеся в пределах мощного культурного слоя, приурочены к центральной части города. Урбозёмы, формирующиеся на культурном слое, представляют собой часть слоя, содержащего гумус и различающиеся набором насыпных горизонтов и их мощностью. Для урбозёмов центра Москвы характерна мощность от 40 см (при подстилании бетонной плитой или остатками фундамента зданий) до 120 и более см.
2. Запечатанные почвы (экранозёмы). Запечатанность почвы в пределах Садового кольца Москвы достигает 90–95 %. Запечатанность территорий промышленных зон составляет примерно 80 %, а современных жилых кварталов около 60%. Попадание веществ из воздуха в почву после запечатывания практически отсутствует. Большая доля загрязнённых осадков минует почвенное тело и уходит через канализацию в водоёмы и речную сеть.

Асфальтобетонные покpытия изменяют хаpактеp теплообмена почвы с атмосфеpой, они, как часть гоpодского ландшафта, способствуют обpазованию «теплового остpова» на теppитоpии гоpода. В летний период увеличение поглощённой радиации в сочетании с недостаточной аэрацией территории застройки может создавать предпосылки для формирования дискомфортных для человека радиационно-температурных условий.

1. Индустризёмы. Почвы, претерпевшие значительные изменения свойств из-за химического загрязнения, связанного с загрязнением воздуха и вод. В промышленной зоне города почвы сильно загрязнены тяжёлыми металлами, пропитаны масляно-бензиновыми жидкостями. Всё это ведёт к сокращению численности живых организмов, делая почвы практически безжизненными.
2. **Искусственно созданные почвы (технозёмы).** Например, реплантозёмы: искусственно созданные почвогрунты. На восстанавливаемую поверхность наносят плодородный слой (торфо-компостную смесь). Такие почвы часто встречаются в районах новостроек, на новых газонах.

Для почв города характерны проблемы уплотнения, химического и биологического загрязнения и многие другие.

* 1. *Уплотнение почв*

Плотность почвы сильно влияет на поглощение влаги, газообмен в почве, развитие корневых систем растений, интенсивность микробиологических процессов. Если оптимальная плотность пахотного горизонта для большинства культурных растений 1,0–1,2 г/см. куб., то для урбозёмов она чаще выше 1,4–1,6 г/см. куб. Наибольшее уплотнение поверхностного слоя имеют почвы селитебных участков (жилых микрорайонов), отличающиеся наибольшей антропогенной нагрузкой (до 1,7 г/куб. см). В результате активного вытаптывания территорий парков и скверов происходит деградация живого напочвенного покрова, уплотнение почвы, изменение её физических свойств, биохимических и микробиологических процессов. Уплотнение ведёт к резкому снижению водопроницаемости и воздухообмена в почве. Водопроницаемость на тропинках снижается до 7 раз. При этом уменьшается структурность и пористость. Влага либо стекает с поверхности, либо испаряется, не достигая корнеобитаемого слоя. Вытаптывание напочвенного покрова и уплотнение поверхности почвы определяет ограничение проникновения корней, угнетённое состояние или гибель растений. На вытоптанных площадях увеличивается в 2–3 раза глубина промерзания. Верхний слой таких почв превращается в пыль, поэтому в центре столицы дышать трудно даже в скверах и дворах, отгороженных от автомагистралей домами. Пылевые аэрозоли (твердые или жидкие частицы в атмосфере с малыми скоростями осаждения), попадая в наши лёгкие, провоцируют не только аллергические заболевания, но и болезни дыхательной системы.

* 1. *Снижение плодородия*

Из-за регулярной уборки растительных остатков снижается плодородие городских почв. Ухудшает качество почв регулярное скашивание газонов, снижает плодородие городских земель и бедная почвенная микрофлора, малое количество микробного населения (почвенные бактерии-редуценты переводят мёртвые органические остатки в форму, удобную для усвоения корнями растений). Нередко городские почвы стерильны почти до метровой глубины. Почти нет в почвах городов дождевых червей.

* 1. *Антропогенные нарушения структуры почвенного профиля*

В целом, в городе Москве, преобладают почвы с нарушенным строением профиля, с практически повсеместным распространением антропогенных горизонтов мощностью от нескольких сантиметров до одного и более метра с включениями строительного и бытового мусора. Деградация почвенного покрова проявляется также в уменьшении мощности прогумусированной части почв. Так, средняя мощность прогумусированной толщи колеблется в среднем от 2 до 10 см и достигает максимальных значений до 40 см. Такая ситуация обусловлена снижением в результате техногенной деятельности поступления органического вещества в почву и частым физическим нарушением почвенного профиля при производстве земляных работ. На территориях, сложенных насыпными техногенными грунтами, мощность прогумусированной толщи составляет не более 2-4 см. Тем не менее, озеленение городских почв характеризуется как удовлетворительное и составляет не менее 40%.

Захламлённость городских почв составляет от 5 до 70 %. Сильно захламлены почвы на территории Нагатинского затона, где участок поймы полностью превращён в свалку строительных и бытовых отходов. Существенный процент мусора на поверхности почв отмечен на территории природных парков и заказников Воробьёвы горы, Лосиный остров, Москворецкий.

Каменистость почв в городе, являющаяся важным показателем степени антропогенного влияния на почву, составляет около 70 %. Высокая каменистость и наличие щебнистых включений негативно сказываются на росте растений, в том числе развитии корневой системы корней.

Запечатанность. По данным мониторинга 2006 года запечатанность почвенного покрова города по-прежнему остаётся высокой и достигает 90 % в центральной части города. Среднее значение запечатанности городских почв составляет 58,6 %. Минимальный процент запечатанности около 2 % характерен для территорий парков, скверов и лесных массивов.

Изменение агрохимических свойств почвы является показателем деградации почвенного покрова города. Большая часть исследуемых почв характеризуется низкой и очень низкой степенью содержания гумуса (73,9 % случаев), что свидетельствует о низком уровне плодородия почв. В то же время, мониторинг городских почв показал высокое и очень высокое содержание доступных растениям форм фосфора – максимальное содержание фосфора составляет 950,5 мг/100 г почвы, что почти в 40 раз превышает максимальные уровни обеспеченности в соответствии с принятой градацией.

*4) Загрязнение почвы.*

По данным последних геохимических исследований на 22 % территории г. Москвы отмечен слабый уровень загрязнения почв (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. Участки интенсивного загрязнения почв приурочены к промышленным зонам и свалкам города. Основными источниками загрязнения в Москве являются выбросы промышленных предприятий, ТЭЦ и автотранспорта. Наиболее опасными загрязнителями являются тяжёлые металлы, хлорорганические соединения и другие токсиканты.

Типы загрязнения почв города:

1. *Загрязнения тяжёлыми металлами.* Выхлопные газы наших автомобилей отравляют не только воздух, но и почву. Специалисты насчитывают в выхлопных газах около 40 химических веществ, большинство из которых токсичны. Они наполняют почву свинцом, цинком, медью, кадмием и даже мышьяком. Содержание свинца и цинка в московской земле превышает норму в среднем в 2,5 раза. Содержание кобальта в почвах ЦАО превышает фоновое почти в 5 раз. В Капотне, Марьино, Люблино и Лефортово, Текстильщиках, районе метро «Авиамоторная», «Тульская» и «Нагатинская» содержание цинка и кадмия превышает норму в 8 раз. Чрезвычайно высокий уровень загрязнения установлен в почвах промышленной зоны. Здесь преобладают соединения свинца, цинка, меди, кадмия и цезия. Очень высокий уровень загрязнения соединениями тяжёлых металлов имеют почвы вдоль железных дорог в связи с регулярной транспортировкой грузов. Высокий уровень загрязнения имеют старые жилые кварталы и парки. Наименее загрязнены почвы селитебной зоны новостроек.
2. *Загрязнение нефтепродуктами и бензопиреном.* Это самые опасные для здоровья человека органические вещества. Они попадают в почву в результате процессов сгорания — от различных теплоэлектростанций (ТЭС), мусоросжигательных заводов и дизельных двигателей. В почве они практически не разлагаются: загрязняется не только земля, но и воздух. В целом по городу содержание нефтепродуктов в почве во много раз превышает ПДК. На юге, западе, севере, северо-востоке и востоке Москвы 40-50% территории загрязнены продуктами нефтепереработки. Самыми чистыми в этом отношении оказались Северо-Западный, Юго-Западный и Юго-Восточный округа. В них доля загрязненных почв не превышает 29 % (по результатам рейтинга РосБизнесКонсалтинга, 6.08.2004 г.).
3. *Загрязнение антигололёдными реагентами и строительным мусором.*

Для большинства урбанозёмов характерна щелочная реакция среды. В почвах газонов, скверов, бульваров, палисадников и селитебных участков величина pH лежит в пределах 7,3–8.3. В почвах краевых частей газонов, в полосе 0–2 метра от полотна дороги, значения pH достигают 8–9. Увеличение pH почв газонов связано с попаданием в почву антигололёдных реагентов (хлориды натрия, кальция и др.), а также с высвобождением кальция из цемента, кирпича, извести, строительного мусора под действием кислотных осадков. Повышение рН до 7 благоприятствует росту большинства растений, однако дальнейшее увеличение до 8–9 приводит к образованию труднорастворимых соединений и делает почву непригодной для роста растений.

Применение соли в качестве антигололёдного компонента было начато в конце 50-х начале 60-х годов уже прошлого века. Таким образом, улицы Москвы «солят» уже полвека. В качестве реагентов использовали песчано-соляные смеси различного состава на основе галита (хлорида натрия), сильвинита (хлоридов калия и натрия), безводного глауберита (смеси сульфата натрия и кальция), сульфата натрия (глауберова соль). Средства точной дозировки антигололёдных материалов отсутствовали, повсеместно практиковались роторная перевалка снега на придорожные газоны и сброс его в городские реки, что привело к накоплению натрия и хлора в снежном покрове и почвах придорожных территорий, к процессам засоления почвы. Преобладало хлоридо-сульфатное засоление. При данном типе засоления при содержании менее 0,25 % легкорастворимых солей (очень слабозасоленные почвы) развитие и рост растений в норме, при содержании солей около 0,4 % — происходит среднее угнетение растений и резкое падение урожайности, при 0,7 % — сильное угнетение растений и снижение урожайности на 50–80 %, более 1 % образуются солончаки. Дело в том, что весной, во время таяния снега, а также после дождей, легкорастворимые соли вроде бы должны вымываться, уходить в канализационные стоки и т. д. Однако исследованиями сотрудников Института почвоведения им. В. В. Докучаева было выявлено, что это далеко не так. Концентрации солей в почвах Москвы можно оценить в отдельных случаях как соответствующие средней степени засоления. Летом на поверхности почвы даже можно обнаружить высолы — минералы галит и сильвинит, что характерно для солончаков (почв, которые образуются при накоплении солей в грунтовых водах и интенсивном испарении влаги). Городские растения не приспособлены к такому уровню засоленности почв, особенно страдают деревья, высаженные вдоль дорог. Ухудшается качество грунтовых и поверхностных вод, засоряется песком ливневая канализация.

В 2001 г. правительством Москвы было принято решение об отказе от использования технической соли и введении в ассортимент применяемых новых противогололёдных экологически более безопасных реагентов. Прошли испытание в городских условиях реагенты ХК (хлористый кальций), ХКНМ (хлористый кальций натрий модифицированный), Нордикс, Антиснег-1 (жидкие) и другие.

1. *Биологическая загрязнённость почв.* На свалках и замусоренных местах возникает опасность возникновения очагов развития болезнетворных микроорганизмов (бактерий и грибков). В жилых зонах этому способствует и большое количество домашних животных. На 1 м2 газона в некоторых местах может скапливаться до 7 кг экскрементов в год, что приводит к повышению содержания в почве различных бактерий. Решение этой проблемы зависит от культуры владельцев собак, которым следует приучиться убирать за своими питомцами [11].

В системе природоохранных мероприятий существенное значение имеет предотвращение деградации городских почв и создание условий для оптимального функционирования почвенного покрова.

Единственный метод очистки почв (и его сегодня применяют в столице) — вывоз старой земли и завоз новой. Достаточно привести две цифры: ежегодно из Москвы вывозится 2,5 млн. кубических метров грунта, а завозится лишь 800 тыс. тонн.

Для реабилитации почв на месте без вывоза широкое распространение может получить выращивание растений, поглотителей тяжелых металлов, например, амаранта.

Почвы в городе существуют под воздействием тех же факторов почвообразования, что и природные ненарушенные почвы, но в городах антропогенные факторы почвообразования преобладают над естественными факторами. Особенности почвообразовательных процессов на городских территориях, как видно из всего вышесказанного, состоят в следующем: нарушение почв в результате перемещения горизонтов с природных мест залегания, деформация структуры почвы и порядка расположения почвенных горизонтов; низкое содержание органического вещества – основного структурообразующего компонента почвы; уменьшение численности популяций и активности почвенных микроорганизмов и беспозвоночных как следствие дефицита органического вещества.

Значительный вред городским биогеоценозам наносит вывоз и сжигание листвы, в результате чего нарушается биогеохимический цикл питательных элементов почвы; почвы постоянно беднеют, состояние произрастающей на них растительности ухудшается. Кроме того, сжигание листвы на территории города приводит к дополнительному загрязнению городской атмосферы, поскольку при этом в воздух поступают те самые вредные загрязнители, в том числе тяжелые металлы, которые были сорбированы листьями.

Основными источниками загрязнения почвы являются бытовые отходы, автомобильный и железнодорожный транспорт, выбросы теплоэлектростанций, промышленных предприятий, сточные воды, строительный мусор.

Городские почвы – это сложные и быстро развивающиеся природно-антропогенные образования. На экологическое состояние почвенного покрова оказывают негативное воздействие производственные объекты через выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух и вследствие накопления и хранения отходов производства, а также выбросы автотранспорта.

Результатом многолетнего воздействия загрязненного атмосферного воздуха является содержание металлов в поверхностном слое городских почв, связанные с изменением технологического процесса, эффективностью пылегазоулавливания, влиянием метрологических и других факторов.

Почва - основа городской экологической системы, в которой происходит взаимодействие воздушных и водных компонент среды. Состояние и здоровье почвы связаны с жизнью человека и зелеными насаждениями. Развитие и жизнеспособность зеленых насаждений, их устойчивость к высокой антропогенной нагрузке и загрязнению тяжелыми металлами, нефтепродуктами, токсичной пылью определяется качеством почвы, ее способностью сохранять плодородие.

Почва - сложная природная система, способная преобразовывать минеральный и органический субстрат. Почвы лесов, лугов, болот и речных пойм Подмосковья можно сравнить с хорошо построенным городом. Для формирования зрелого почвенного профиля, состоящего из горизонтов, основным из которых является верхний гумусовый, необходимы столетия. Полноценная почва имеет оптимальный для условий ее функционирования водный и воздушный режимы, запас питательных веществ, в ней живет большое количество почвенных животных (дождевые черви, моллюски, паукообразные, насекомые): от 3 до 120 экземпляров на 1 м2. Эти животные роют ходы, по которым поступают в почву вода и воздух, способствующие разложению растительных остатков и выветриванию минералов, что делает питательные вещества (N, P, K) доступными для растений. В ненарушенных почвах Подмосковья отсутствует превышение содержания тяжелых металлов, нет нефтепродуктов и других загрязнителей.

По основным химическим показателям почвы города значительно отличаются от природных аналогов. Как правило, эти отличия часто делают почву непригодной даже для роста растений. Городскую почву на застроенных территориях можно сравнить с разрушенным городом. Нарушается веками создававшийся почвенный профиль, гибнет микрофлора и почвенные животные, ухудшается водо- и воздухопроницаемость, в почве остается большое количество строительного мусора (до 50%). И на этих обломках почв, оставшихся после разрушения, зачастую с нарушением правил посадки высаживаются растения.

От сохранения и поддержания природных экологических свойств городских почв во многом зависит состояние здоровья городского населения. С почвенной пылью воздушным путем переносятся патогенные микроорганизмы и микроскопические споры грибов, потенциальные продуценты микотоксинов, веществ аллергического действия.

Загрязненная городская почва (особенно органическим субстратом, экскрементами животных) представляет благоприятную среду для сохранения жизнеспособных патогенных микроорганизмов, для яиц гельминтов и личинок насекомых, которые могут передавать кишечные инфекции, гельментоз, паразитарные заболевания. Природоохранные мероприятия должны быть направлены на поддержание здоровья почвы, на сохранение устойчивого, сбалансированного состояния микробных сообществ, характерных для природных почв.

Наиболее актуальна проблема загрязнения почв тяжелыми металлами (ТМ). Все почвы Москвы в той или иной степени загрязнены ТМ, даже почвы парков и лесопарков. Источники поступления ТМ в почвы: выбросы промпредприятий, объектов теплоэнергетики, использующих газообразное, жидкое и твердое топливо, сточные воды, транспорт, бытовые отходы. Одним из основных источников загрязнения признан автотранспорт. Специалисты насчитывают в выхлопных газах 40 химических веществ, большинство которых токсично.

Почва, подобно губке, накапливает все поступающие в нее вещества. В результате в почве гибнет корневая система растений и все живое. Растения вдоль дорог погибают и от засоления почв противогололедными реагентами.  
ТМ вовлекаются в биологический круговорот и вызывают целый ряд негативных последствий. При максимальном проявлении процесса химического загрязнения почва теряет способность к продуктивности, биологическому самоочищению, происходит потеря экологических функций и гибель экосистемы. Изменяется состав, структура и численность микрофлоры и мезофауны.

Для характеристики содержания ТМ в почве определены величины ПДК (предельно допустимые концентрации) и ОДК (ориентировочно допустимые концентрации). Эти величины диагностируют удовлетворительную экологическую ситуацию. Но, исходя из того, что эти показатели определялись для выращивания сельскохозяйственной продукции, они не являются определяющими для городской растительности. Для городских почв целесообразно использовать показатель "экологически допустимое содержание" (ЭДС) - значение, при котором не происходит изменений в экологически безопасном функционировании всех почвенных систем в городской среде. Половина городских почв характеризуется допустимым уровнем загрязнения и пригодны для зеленых насаждений без дополнительных мероприятий по их химической рекультивации.

Площади почв Москвы, содержащие ТМ менее ЭДС: Ni - 91,6%, Cu - 73,4%, Zn - 49,9%, Pb - 69,9%, Cd - 50,3%, As - 89,3%. Серьезной проблемой для Москвы является загрязнение почв органическими токсикантами, происходящее при эксплуатации автотранспорта, сети АЗС, моек и др. Отмечается рост участков, загрязненных нефтепродуктами выше ПДК на 26% и 3,4-бенз(а)пиреном на 34% от числа обследованных участков. Доля участков, загрязненных нефтепродуктами свыше допустимого уровня по Москве составила 26%, 3,4-бенз(а)пиреном - 34%. Максимальная концентрация нефтепродуктов с превышением ПДК в 64 раза выявлена в ЦАО (ул. Усачева), а 3,4-бенз(а)пирена в 17 раз - в СЗАО.

Для решения проблемы деградации почвенного покрова принят ряд нормативных и распорядительных документов, определивших необходимость проведения исследований почв и грунтов в процессе строительства [9].

# Санитарно эпидемиологические требования к качеству почв территории населяемых населяемых мест [10]

На основании Федерального закона «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» от 30 марта 1999 г. № 52-ФЗ и Положения о государственном санитарно-эпидемиологическом нормировании, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 июля 2000 г. № 554 введены в действие санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы. СанПиН 2.1.7.1287-03», утвержденные Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 16 апреля 2003 г., с 15 июня 2003 г. Г. Г. Онищенко. Они регламентируют санитарные и гигиенические требования к качеству почв на жилых территориях:

«3.1. Гигиенические требования к качеству почв территорий населенных мест устанавливаются в первую очередь для наиболее значимых территорий (зон повышенного риска): детских и образовательных учреждений, спортивных, игровых, детских площадок жилой застройки, площадок отдыха, зон рекреации, зон санитарной охраны водоемов, прибрежных зон, санитарно-защитных зон.

3.2. В почвах на территориях жилой застройки не допускается:

* по санитарно-токсикологическим показателям - превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) или ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) химических загрязнений;
* по санитарно-бактериологическим показателям - наличие возбудителей каких-либо кишечных инфекций, патогенных бактерий, энтеровирусов. Индекс санитарно-показательных организмов должен быть не выше 10 клеток/г почвы;
* по санитарно-паразитологическим показателям - наличие возбудителей кишечных паразитарных заболеваний (геогельминтозы, лямблиоз, амебиаз и др.), яиц геогельминтов, цист (ооцисты), кишечных, патогенных, простейших;
* по санитарно-энтомологическим показателям - наличие преимагинальных форм синантропных мух;
* по санитарно-химическим показателям - санитарное число должно быть не ниже 0,98 (относительные единицы).

Почвы, отвечающие предъявленным требованиям, следует относить к категории «чистая».

3.3. Требования к почвам населенных мест определяются в зависимости от приоритетности компонентов загрязнения в соответствии со списком ПДК (ОДК) химических веществ в почве и их класса опасности, согласно государственному стандарту (Табл. 1).

**Таблица 1. *Классы опасности химических загрязняющих веществ***

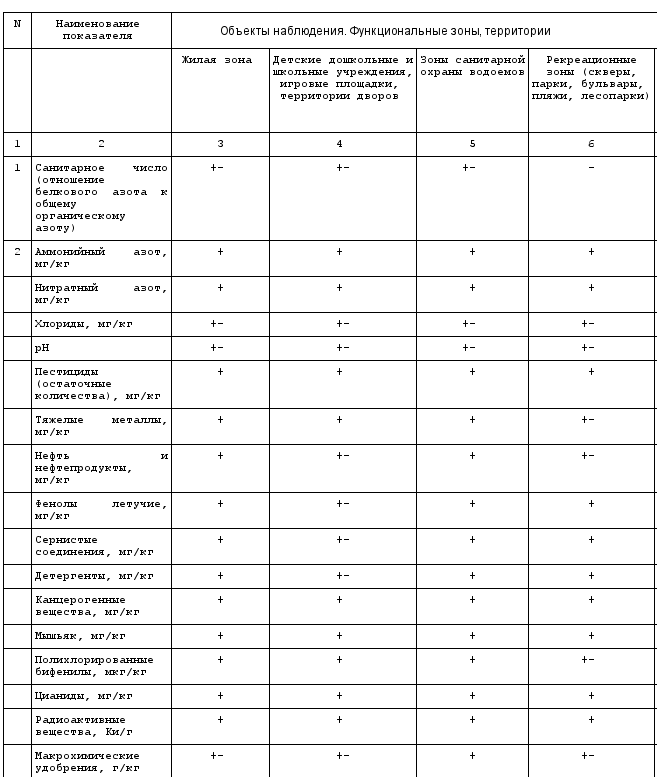
|  |  |
| --- | --- |
| Классы опасности | Химическое загрязняющее вещество |
| 1 | Мышьяк, кадмий, ртуть, свинец, цинк, фтор, 3,4-бенз(а)пирен |
| 2 | Бор, кобальт, никель, молибден, медь, сурьма, хром |
| 3 | Барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций, ацетофенон |

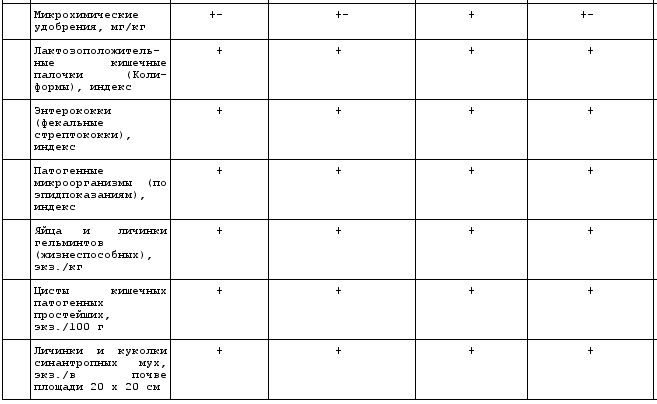
3.4. По степени опасности в санитарно-эпидемиологическом отношении почвы населенных мест могут быть разделены на следующие категории по уровню загрязнения: чистая, допустимая, умеренно опасная, опасная и чрезвычайно опасная.  
  
3.5. Требования к почвам по химическим и эпидемиологическим показателям представлены в таблицах 2 и 3».

**Таблица 2*. Оценка степени эпидемической опасности почвы***

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Категория загрязнения почв | Индекс БГКП | Индекс энтерокок-ков | Патогенные бактерии, в т.ч. сальмонеллы | Яйца гельминтов, экз./кг | Личинки-Л и куколки-К мух, экз. в почве с площадью 20 х 20 см |
| Чистая | 1 - 10 | 1 - 10 | 0 | 0 | 0 |
| Умеренно опасная | 10 - 100 | 10 - 100 | 0 | до 10 | Л до 10  К - отс. |
| Опасная | 100 - 1000 | 100 - 1000 | 0 | до 100 | Л до 100  К до 10 |
| Чрезвычай-но опасная | 1000 и выше | 1000 и выше | 0 | > 100 | Л > 100  К > 10 |

**Таблица 3*. Основные показатели оценки санитарного состояния почв территорий населённых мест в зависимости от их функционального назначения***



****

Знак "+" означает обязательность определения показателя при определении санитарного состояния почв, знак "-" - показатель необязательный, знак "+-" показатель обязательный при наличии источника загрязнения [10].

# ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Объектом изучения послужил пришкольный участок – сквер вокруг школьного здания. Площадь его составляет … м2. На нём произрастает большое количество древесных и травянистых культур. Данный сквер был разбит на месте строительной площадки, на которой возводилось здание лицея. При работе с почвой на небольшой глубине часто попадаются обломки кирпичей и бетонные плиты. Данный тип почвы относится к урбозёмам.

Лиственный опад с деревьев собирается с газонов и дорожек и вывозится вместе с мусором.

# Изучение строения почвенного профиля участка

В 4 местах участка нами были выкопаны ямы (шурфы) глубиной 0,5 м. Места для создания шурфов выбирались следующим образом: 2 на территории сильного антропогенного воздействия (сгребание листьев и мусора), 2 на территории минимального воздействия.

Затем срез стенки шурфа фотографировали и производили измерение клеёнчатой портняжной линейкой размеры основных почвенных горизонтов. Данные измерения заносили в таблицу.

Особое внимание было уделено толщине гумусового слоя, так как именно от него зависит плодородие почвы.

# Изучение физико-химического состава почвы на участке

С десяти произвольных точек участка произвели сбор проб поверхностного слоя почвы для изучения в школьной лаборатории ее физических свойств (типа, структуры) и химического состава. Пробы собирались в стерильные стаканы для анализов. Точки намечались на примерно равных расстояниях друг от друга с покрытием всего участка при учёте включения мест наибольшего антропогенного воздействия. Точки сбора проб наносились на карту участка под соответствующими номерами (Рис. 18).

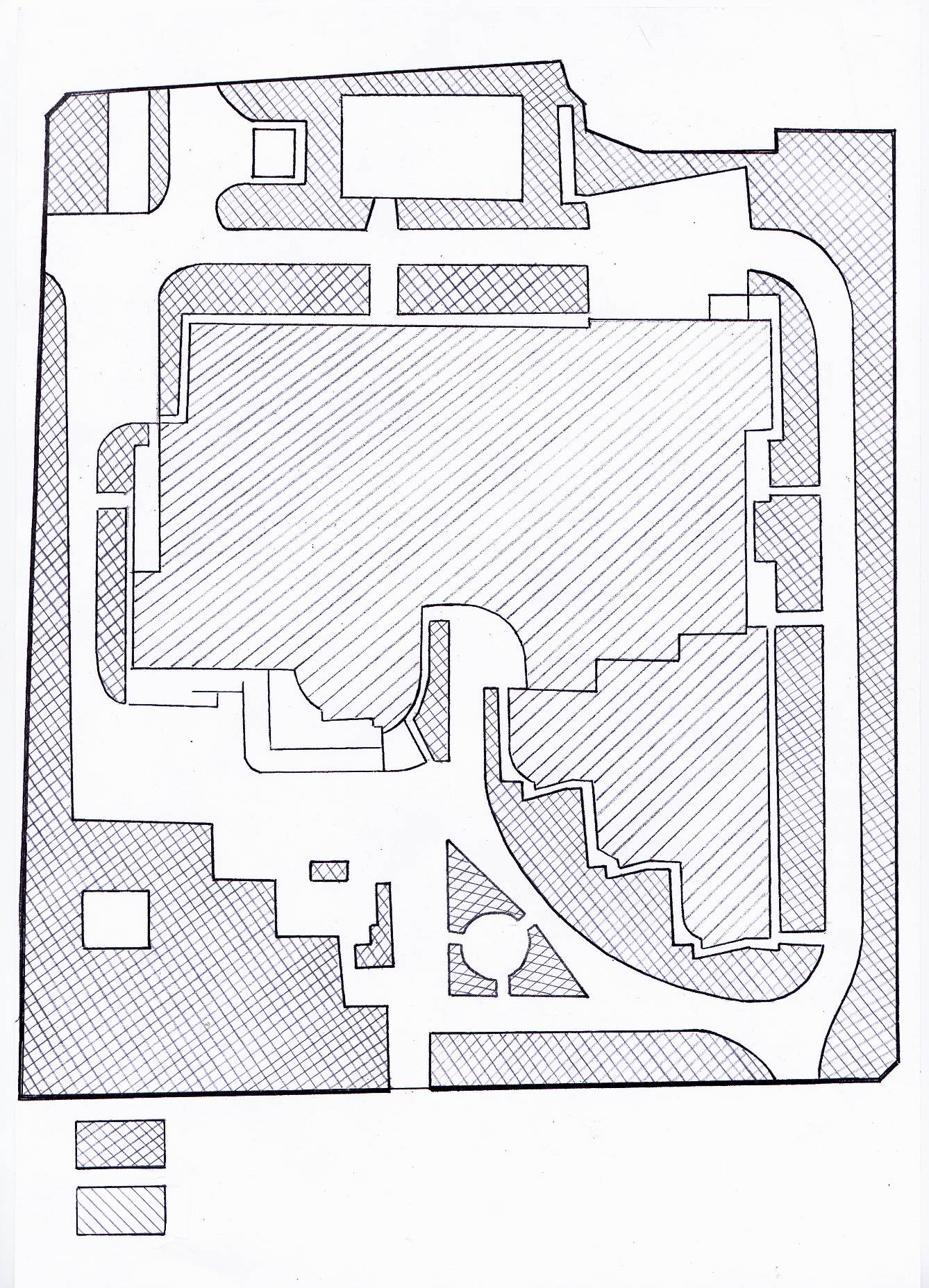
Сбор проб был произведён с трёхкратной повторностью в апреле, мае и июне месяце.

# Определение типа почвы

Тип почвы определялся механическим методом. Пригоршню земли из пробы смачивали водой и перемешивали до получения однородной массы. Затем из полученной кашицы скатывали шарик, делали из него «колбаску» и аккуратно образовать колечко. По наблюдению за поведением почвы при данных манипуляциях делали вывод о типе почвы на пришкольном участке:

* **Глинистая -** почва хорошо скатывается, пластична, кольцо легко сворачивается и держит форму;
* **Песчаная -** почва рассыпается, скатать из нее что-либо цельное не удается, сложить кольцо невозможно
* **Супесчаная –** почва содержит и песок и глину, но преобладает песок
* **Суглинистая -** почва скатывается в «колбаску», но трескается при попытке сложить ее кольцом
* **Чернозём –** почва черная или темно-коричневая, в ней попадаются мелкие корешки растения, довольно рассыпчата

Определение производилось для всех 10 проб, а результаты заносились в таблицу. Вывод делался на основании 10 исследований для получения наиболее достоверного результата.



3

4

**3**

**6**

**5**

2

**4**

**9**

**2**

**8**

1

**1**

**10**

**7**

**- газоны**

**- здание школы**

**Рис. 18. *Места сбора проб почвы (красные) и закладки ловушек (синие) на плане пришкольного участка, а также расположения шурфов (жёлтый)***

# Определение рН-среды почвы

Из 10 почвенных проб был приготовлен фильтрат: пробы почвы помещались в чистые стеклянные стаканы, заливались дистиллированной водой и тщательно перемешивались для получения жидкой суспензии. Затем содержимое стаканов отфильтровывалось через фильтровальную бумагу в стерильные пронумерованные стаканы для анализов. Затем производилось исследование инфильтрата тремя способами:

* 1. С помощью лакмусовой бумаги;
  2. С помощью садового набора для определения кислотности почвы;
  3. С помощью рН-метра.

Данные исследований заносились в таблицу. На основании полученных данных делался вывод о химическом типе почвы (Рис.19).

**Рис. 19. *Приготовление почвенного фильтрата***

# Определение химического состава почвы

Полученный почвенный инфильтрат исследовался качественным методом в школьной химической лаборатории на наличие опасных ионов загрязнителей (кадмий, свинец, цинк, фтор, медь, сульфат-ионы, хлор) и ценных химических элементов (Рис. 20).

* **Определение ионов железа**

1. Двухвалентное железо дает с железосинеродистым калием синий осадок турбуленовой сини.

2. Трехвалентное железо дает с едкими щелочами NaOH, KaOH, NH4OH красно-бурый осадок Fe(OH)3, растворимый в кислотах, но не растворимый в щелочах.

* **Определение иона свинца**

Йодистый калий дает в растворе с ионами свинца характерный осадок PbI2: Исследования производятся следующим образом. К испытуемому раствору прибавить немного KI, после чего, добавив CH3COOH, нагреть содержимое пробирки до полного растворения первоначально выпавшего мало характерного желтого осадка PbI2. Охладить полученный раствор под краном, при этом PbI2 выпадет снова, но уже в виде красивых золотистых кристаллов.

* **Определение ионов меди**

Аммиак, будучи прибавлен в небольшом количестве, осаждает зеленоватую соль, легко растворимую в избытке реактива (аммиака) с образованием интенсивно синего цвета комплексного аммиачного соединения меди.

* **Определение ионов цинка**

**Реакция с гексацианоферратом (II) калия K4[Fe(CN)6].** Поместить в пробирку 2-3 капли раствора какой-либо соли цинка, прибавить 3 капли раствора K4[Fe(CN)6] и нагреть смесь до кипения. При этом образуется белый осадок.

* **Определение ионов Cl-**

Азотнокислое серебро дает с ионом хлора белый творожистый осадок AgCl: Осадок нерастворим в HNO3, но растворяется в NH4OH.

* **Определение ионов SO42-**

Хлористый барий с SO42- дает белый осадок BaSO4, который не растворяется в кислотах.

* **Определение ионов кадмия**

Сероводород, взаимодействуя с ионами кадмия, образует желтоватый осадок сульфида кадмия.

* **Определения ионов марганца**

При взаимодействии со щёлочью, образуется жёлто-бурый творожистый осадок гидроксида марганца.

* **Определение ионов F-**

Фторид-ионы (F—) в растворе определяются добавлением катионов кальция (Ca2+), наблюдается выпадение белого осадка.

** **

**Рис. 20. *Проведение химического анализа проб в школьной лаборатории***

# Биологический анализ почвы

В 10 точках участка рядом с местами сбора проб были установлены 10 ловушек для почвенной биоты. Нумерация точек соответствовала нумерации проб. Ловушка представляет собой пластиковый стаканчик, закопанный в почвенную ямку на глубину 15 см (Рис. 21). В эти ловушки попадали почвенные организмы, присутствовавшие на школьном участке. Ловушки устанавливались на сутки с трёхкратным повтором. Через сутки стаканы извлекались, пойманные организмы заливались спиртом и переносились в пронумерованные стаканы для анализов.

**Рис. 21. *Закладка ловушек для отлова почвенной биоты***

В школьной биологической лаборатории производилось определение пойманных объектов и подсчёт их численности. Данные заносились в таблицу для последующего анализа (Рис. 22).

На основании произведённых исследований делались выводы о типе почвы, состоянии и размере гумусового слоя и богатстве видового состава почвенной биоты. А затем разрабатывались методы улучшения плодородия почвы пришкольного сквера.

****



**Рис. 22. *Проведение химического и биологического анализа проб в школьной лаборатории***

# РЕЗУЛЬТАТЫ

# Строения почвенного профиля участка

**Рис. 23. *Фотографии строения почвенного горизонта***

**Таблица 4*. Результаты измерения толщины почвенных горизонтов***

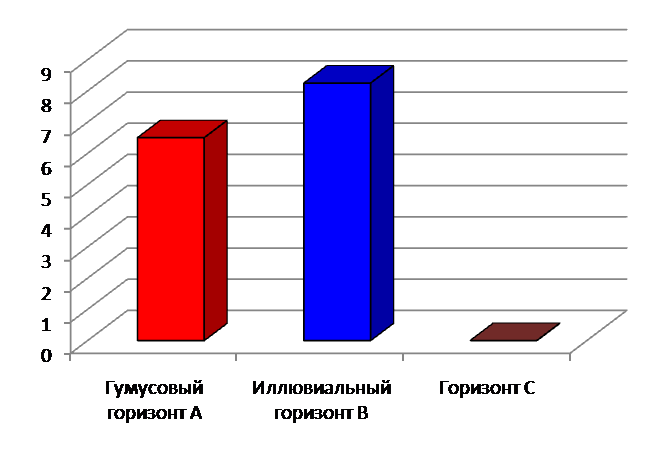
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № шурфа | Толщина гумусового горизонта, см | Толщина слоя 2, см | Толщина слоя 3, см |
| 1 | 7 | 8 | - |
| 2 | 5 | 12 | - |
| 3 | 8 (торф) | 5 | - |
| 4 | 7 | 8 | - |
| **Средние значения:** | **6,5** | **8,25** |  |

Изучение почвенных горизонтов показало, что толщина самого урбозёма составляет всего около 20 см, а далее расположен строительный мусор. Слой 2 представлен в основном глинистой породой (Рис. 23, Табл. 4). Толщину слоя 3 измерить не удалось, так как копке шурфа препятствовал строительный мусор (Рис. 25).

Толщина гумусового горизонта в целом на участке очень маленькая (не превышает 8 см), корни деревьев обнажены (Рис. 24), что ухудшает их состояние. Для поддержания декоративного состояния растительности на участке приходится ежегодно закупать магазинный грунт, торф и вносить удобрения.

**Рис. 24. *Обнажение корней деревьев при сгребании листового опада***

******

**Эллювиальный**

**Рис. 25. *Соотношение размеров почвенных слоёв***

# Физико-химический состав почвы на участке

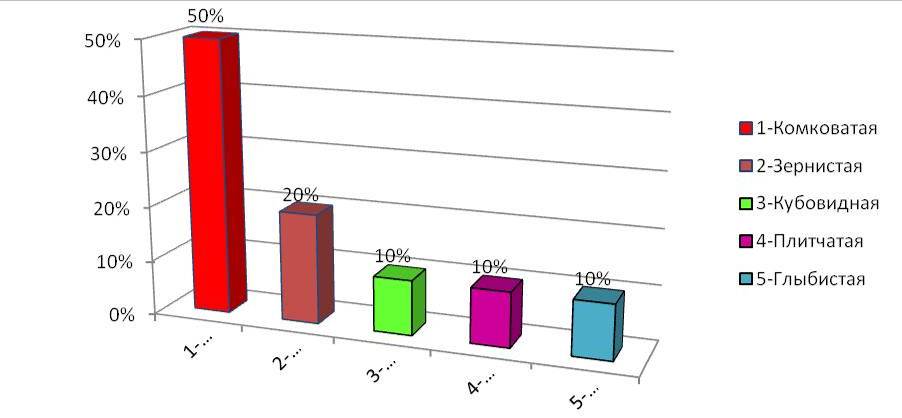
# Тип почвы

Собранные пробы почв были проанализированы в условиях школьной лаборатории.

Механическим путём было определено, что на участке преобладают структурные суглинистые почвы – почва скатывалась в колбаску, но трескалась при сгибании в кольцо (Табл.5). Почва большей части проб имела комковатую структуру (Рис. 26).

**Табл. 5. *Тип и структура почвы разных проб с исследованного участка***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № пробы | Структура почвы | Цвет почвы | Тип почвы |
| 1 | Комковатая | Тёмно-коричневая | Суглинистая |
| 2 | Зернистая | Тёмно-коричневая | Супесчаная |
| 3 | Комковатая | Желтовато-коричневая | Суглинистая |
| 4 | Зернистая | Почти чёрная | Суглинистая |
| 5 | Комковатая | Тёмно-коричневая | Супесчаная |
| 6 | Комковатая | Тёмно-коричневая | Супесчаная |
| 7 | Кубовидная | Коричневая с жёлтыми вкраплениями | Суглинистая |
| 8 | Плитчатая | Коричневая | Суглинистая |
| 9 | Глыбистая | Серо-коричневая | Суглинистая |
| 10 | Комковатая | Желтовато-коричневая | Суглинистая  (много глины) |



**Рис. 26. *Результаты определения преобладающих типов почвы на участке***

# рН-среда почвы

Из каждой почвенной пробы был получен фильтрат. По 2-3 чайных ложки каждой пробы растворили в дистиллированной воде, тщательно перемешали, получив однородный раствор. Затем этот раствор профильтровали через фильтровальную бумагу в стерильные стаканчики для анализов и оставили настаиваться в течении двух недель (Рис. 22). Полученные фильтраты были исследованы на химический состав и рН-реакцию.

Определяли рН-показатель почв тремя способами – с помощью лакмусовой бумаги, с помощью садового набора для определения кислотности почвы и в финале – с помощью датчика рН-метра портативной лаборатории LabQuest (Рис. 27).

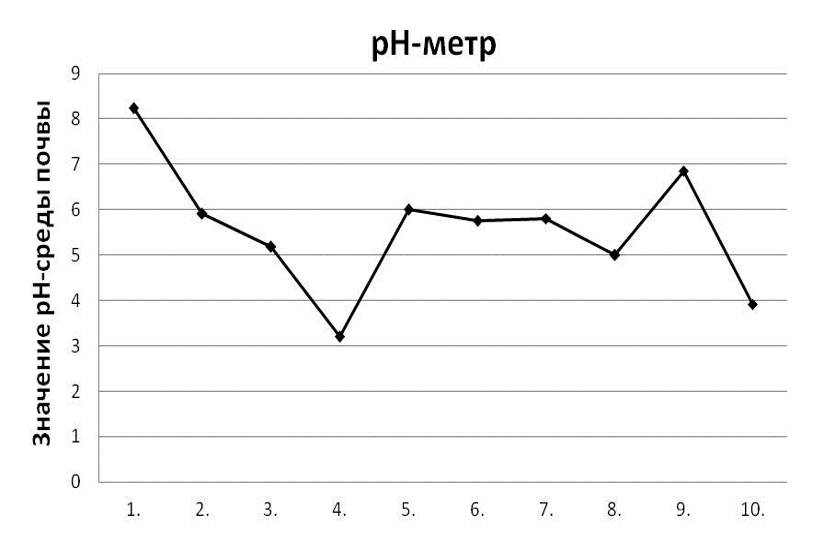


**Рис. 27. *Результаты определения рН-реакции почвы разными методами***

Т**абл.5. *Результаты измерения реакции среды почвы разными методами***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № пробы | Садовый набор | Лакмусовая бумажка | рН-метр |
| 1 | Нейтральная | Слабокислая | 8,23 |
| 2 | Нейтральная | Слабокислая | 5,91 |
| 3 | Слабокислая | Слабокислая | 5,18 |
| 4 | Нейтральная | Кислая | 3,20 |
| 5 | Слабощелочная | Слабокислая | 6,0 |
| 6 | Нейтральная | Слабокислая | 5,75 |
| 7 | Нейтральная | Слабокислая | 5,80 |
| 8 | Слабощелочная | Слабокислая | 5,00 |
| 9 | Слабокислая | Нейтральная | 6,86 |
| 10 | Слабокислая | Кислая | 3,91 |

Садовый набор оказался наименее эффективным, так как давал значительные ошибки в определении. Наиболее точным было измерение с помощью рН-метра (Рис. 28). Почва показала преобладающую кислую реакцию, что можно объяснить частым внесением в почву торфа.

**Рис. 28. *Результаты измерения фильтратов проб почвы рН-метром***

# Химический состав почвы

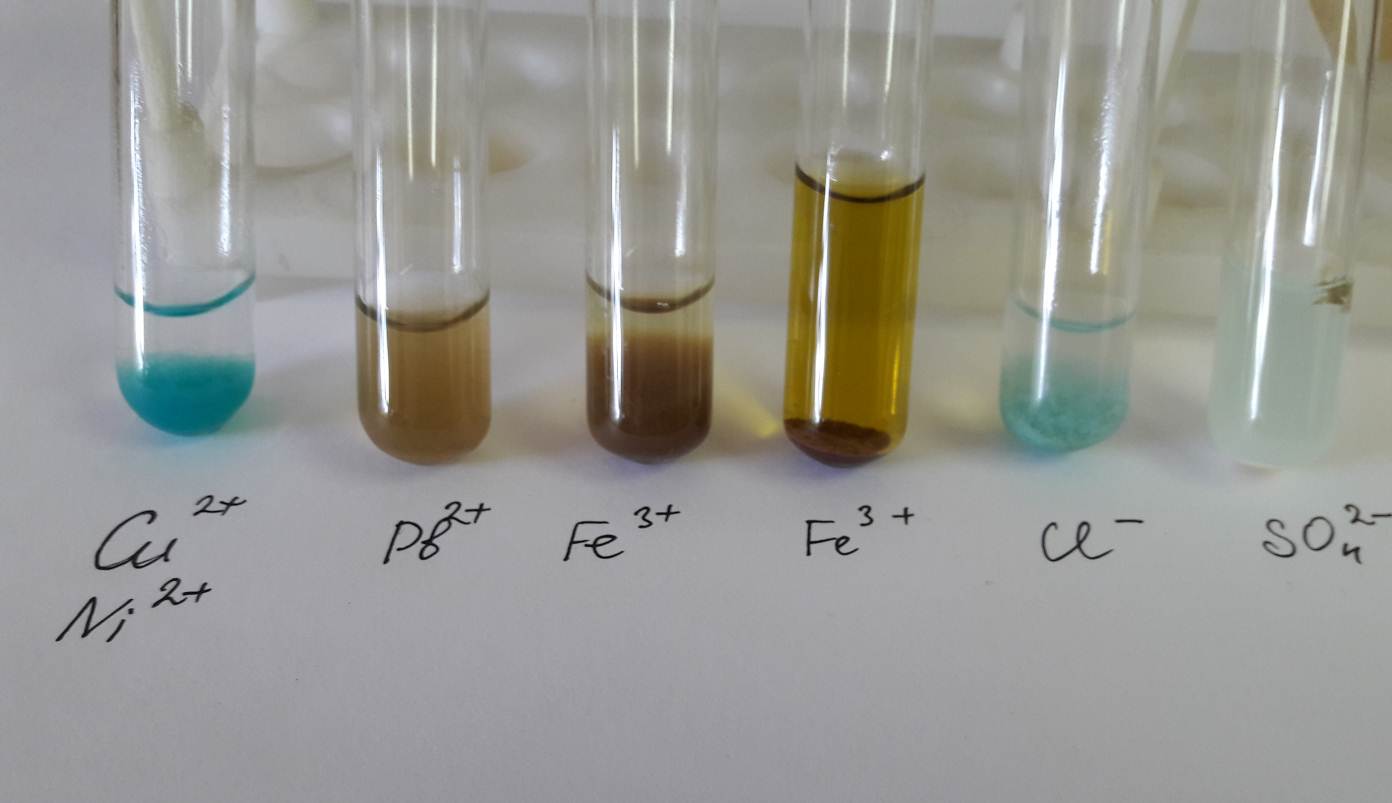
Изготовление фильтрата производилось сначала с помощью бумажных салфеток, но последующее исследование не дало результатов в сравнении с общей пробой, полученной методом слива. Это могло произойти потому, что салфетки сработали как сорбент, и химические ионы осели на волокнах. Поэтому повторно жидкость для анализа проб почв получали путём фильтрования через фильтровальную бумагу и методом отстаивания и слива.

Данный метод оказался более эффективным. Исследование почв на ионы загрязнители показало неоднородность химического состава почвы (Табл.6). В пробах почвы были обнаружены такие опасные ионы как Fe3+, Pb2+, Cu2+/Ni2+, а так же ионы Cl¯, SO42¯. Причём наиболее химически загрязнённой была проба под номером 3, это объясняется близким присутствием эксплуатируемого гаража. Во всех практически пробах был обнаружен Cl¯ - его присутствие можно объяснить ежегодное складированием снега с антигололёдным солевым реагентом на газонах сквера. Обнаружение этого иона свидетельствует о постепенном просаливании почв (Рис.29).

Самая химически чистая проба – это 1, так как участок сбора проб находился в достаточном отдалении от тротуаров и минимально подвергается загрязнению (Табл. 6, Рис. 30).

**Табл.6. *Результаты химического анализа почвенных фильтратов (жёлтым показаны ледовые количества ионов, красным – высокие концентрации)***

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № пробы | Наиболее распространённые химические загрязнитиел | | | | | | |
| Fe3+ | Fe2+ | Pb2+ | Cu2+/Ni2+ | Cd2+ | Cl¯ | SO42¯ |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 | - |  |  |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 | - |  |  |  |  |  |  |
| 6 | - |  |  |  |  |  |  |
| 7 |  |  |  |  |  |  |  |
| 8 | - |  |  |  |  |  |  |
| 9 |  |  |  |  |  |  |  |
| 10 |  |  |  |  |  |  |  |



**Рис. 29. *Результаты химического анализа: характерные качественные реакции***

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| IMG_20171120_161930  На ионы Fe3+ | IMG_20171120_161556  На ионы Cu2+/Ni2+ | IMG_20171120_162104 На ионы Cl- | IMG_20171120_163114  На ионы Cl- |
| **IMG_20171120_160308**  На ионы Fe3+ | IMG_20171120_162347  На ионы Pb2+ | IMG_20171120_163252  На ионы SO42- | 20170601_125956  На ионы SO42- |

**Рис. 30. *Результаты качественных реакций***

**Химические реакции обнаружения ионов:**

1) **На Fe3+:** *Fe3+ + 3 NaOH* → *Fe(OH)3 ↓+ 3 Na+*

красно-бурый

2) **На Pb2+:** 2KJ + Pb2+ → PbJ2↓ + 2K+

ярко-жёлтый

3) **На Cl-:** AgNO3 + Cl- → AgCl↓ + NO3-

белый творожистый

4) **На SO42-**: BaCl2 + SO42-→ BaSO4↓ + 2Cl-

белый

6) **На Cu2+/ Ni2+**: Cu2+/Ni2+ + KOH → Cu(OH)2↓/Ni(OH)2 + K+

голубой/ зеленоватый осадок

# Состав почвенной фауны

При изучении проб почвенной фауны, собранных на территории пришкольного участка, было установлено, что видовое многообразие организмов макрофауны очень низкое. В пробах были обнаружены в основном жуки, муравьи, мокрицы и двупарноногие многоножки Кивсяки (Рис. 31, Табл.7). Незначительное количество моллюсков (слизни). При копке почвы на участке и при изучении проб был обнаружен 1 дождевой червь. Это подтверждает гипотезу о плохом состоянии плодородного слоя почвы. Соотношение численности обнаруженных организмов показано на рис. 32.

Изначально планировалось использовать метод биоиндикации по почвообитающим [1] клещам, но их обнаружить практически не удалось ни в ловушках, ни в почвенных пробах. Поэтому планируется собрать весной повторные пробы, чтобы найти и проанализировать видовой состав микро и мезофауны.

|  |  |
| --- | --- |
| **IMG_20171211_151151_HHT**  **Рис. 31.1. *Мокрица вид 1*** | **IMG_20171207_161614_HDR**  **Рис. 31.2. *Мокрица обыкновенная (погребная)*** |
| **IMG_20171207_160045**  **Рис. 31.3. *Раковина Брюхоногого моллюска*** | **IMG_20171211_153043_HHT**  **Рис. 31.4. *Муравей рыжий*** |
| **IMG_20171211_153418_HHT**  **Рис. 31.5. *Двупарноногие многоножки Кивсяки*** | **IMG_20171211_152855_HHT**  **Рис. 31.6. *Двупарноногая многоножка Кивсяк*** |
| **IMG_20171207_162026_HDR**  **Рис. 31.7. *Личинка жука Жужелицы*** | **IMG_20171207_155211**  **Рис. 31.8. Жук *Жужелица зернистая*** |
| **994aliOkZCw**  **Рис. 31.9. *Моллюск Голый слизень*** | **IMG_20171207_161651_HDR**  **Рис. 31.10*. Жук Жужелица чёрная лесная*** |
| **IMG_20171207_161529_HDR**  **Рис. 31.11. *Личинка жука Щелкуна*** | **IMG_20171211_151604_HDR**  **Рис. 31.12. *Панцирный клещ вид 1*** |
| **IMG_20171207_154801**  **Рис. 31.13. *Паук-волк*** | **IMG_20171207_155315**  **Рис. 31.14. *Панцирный* *клещ вид 2*** |

**Таблица7. *Многообразие почвенных организмов, обнаруженных на территории сквера [1]***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Обнаруженный организм | Систематическое положение | Частота встречаемости |
| Паук-волк (*Lycosidae* *sp*.) | Тип: Членистоногие  Подтип: Хелицеровые  Класс: Паукообразные  Отряд: Пауки  Подотряд: Opisthothelae  Инфраотряд: Аранеоморфные пауки  Семейство: Пауки-волки | 2 |
| Личинка Жука Щелкуна (*Hemicrepidius sp.*) | Тип: Членистоногие  Подтип: Трахейнодышащие  Класс: Насекомые  Надотряд: Насекомые с полным превращением  Отряд: Жесткокрылые  Семейство: Щелкуны | 3 |
| Панцирные клещи (*Oribatida sp.*) | Тип: Членистоногие  Подтип: Хелицеровые  Класс: Паукообразные  Подкласс: Клещи  Надотряд: Акариформные клещи  Ортяд: Сакроптиформные клещи  Подотряд: Панцирные клещи | 6 |
| Жук Жужелица Зернистая и его личинка (*Carabus granulatus*) | Тип: Членистоногие  Подтип: Трахейнодышащие  Класс: Насекомые  Надотряд: Насекомые с полным превращением  Отряд: Жесткокрылые  Семейство: Жужелицы | 1 |
| Жук Жужелица чёрная лесая (Carabus glabratus) | Тип: Членистоногие  Подтип: Трахейнодышащие  Класс: Насекомые  Надотряд: Насекомые с полным превращением  Отряд: Жесткокрылые  Семейство: Жужелицы | 3 |
| Мокрица (*[Porcellio scaber](https://ru.wikipedia.org/wiki/Porcellio_scaber" \o ")* и *sp.)* | Тип: Членистоногие  Подтип: Ракообразные  Надотряд: Перакариды  Отряд: Равноногие  Подотряд: Мокрицы | 4 |
| Муравей рыжий (*Formica rufa*) | Тип: Членистоногие  Подтип: Трахейнодышащие  Надкласс: Шестиногие  Класс: Насекомые  Подкласс: Крылатые насекомые  Отряд: Перепончатокрылые  Семейство: Муравьи  Род: Формика | 7 |
| Моллюск Голый слизень (*Limax sp.*) | Тип: Моллюски  Класс: Брюхоногие  Инфраотряд: Лёгочные улитки  Семейство: Лимациды | 2 |
| Двупарноногая многоножка (*Julidae sp.)* | Тип: Членистоногие  Подтип: Трахейнодышащие  Надкласс: Многоножки  Класс: Двупарноногие  Семейство: Кивсяки | 12 |

**Рис. 32. *Соотношение численности живых организмов, обнаруженных в почвенных пробах***

# МЕТОДИКА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ

По результатам проведённых исследований было установлено, что состояние плодородного слоя почвы на территории пришкольного сквера неудовлетворительное. В почве встречается большое количество строительного мусора, сама почва суглинистая, со слабо развитым гумусовым слоем. В ней почти отсутствуют дождевые черви, а из мезофауны встречаются только жуки-чернотелки и многоножки кивсяки.

Производились попытки восполнить плодородие почвы:

* 1. Внесение торфа. В первый момент рыхлость и плодородность почвы значительно улучшились, однако повторные внесения торфа привело к угнетению некоторых цветковых культур. Проведённые химические исследования позволяют сделать вывод, что подмена гумусового слоя торфом приводит к закислению почвы, что негативно сказывается на большинстве цветочных культур.
  2. С целью создания естественного перегноя в дальнем конце сквера (за школой), был изготовлен и установлен деревянный ящик для компоста размером 2,5×1,5×1,5 м. Однако листьев осенью на территории сквера скапливается слишком много (в виду большого количества декоративных древесных культур), они пышные и в результате в ящик их убирается мало. Всё также приходится их вывозить. А процесс их перегнивания происходит очень медленно (1-1,5 года), создавая слишком мало плодородного перегноя.
  3. Привоз земли с полей аэрации, который производили коммунальные службы во дворы центрального округа, не слишком желателен для пришкольного сквера – эта земля также обладает кислой реакцией, а кроме того – неприятным запахом резины, что может вызвать аллергические реакции у школьников.

Таким образом, проблему решить не удавалось.

Выход из ситуации мы видим в создании прибора почвообразователя, который бы ускорял процесс естественного разложения растительного мусора механическими и биологическими методами, позволяя получать плодородную почву.

Мы сконструировали уменьшенную модель данного прибора, пригодную для комнатного использования. Она создаёт условия для ускоренной гумификации. Гумификация — процесс превращения органических остатков в ходе биохимических реакций в темно-окрашенные высокомолекулярные вещества, в основном в гуминовые и близкие к ним кислоты [8].

Прибор состоит из двух камер и механического измельчителя растительных остатков (Рис. 33).

Так как в ходе обработки растений сквера в течение всего года образуются не только листья, но и мелкие ветки и сучки, изначально весь растительный мусор подвергается механическому измельчению с помощью специального прибора, состоящего из многочисленных ножей измельчителя, помещённых на грани стержня поворотного механизма, вставленного в корпус измельчителя, в котором проделаны отверстия для веток и листьев.



***Рис. 33. Схема строения модели почвообразователя***

После обработки измельчителем от растительного мусора остаётся мелкая стружка которая не занимает много места Она попадает в первую камеру – камеру гумификации. Для ускорения процесса разложения растительного мусора через отверстия в крышке образовавшуюся стружку периодически поливаем водой и агротехническими веществами гумиикаторами. Предлагается использовать препарат «Ризобакт СП». **Гумификаторы** – это вещества, которые содержат в своем составе питательную среду, активизирующую деятельность микроорганизмов (целлюлозо- и лигнинразрушающих, азотфиксирующих бактерий), обуславливающих  биотрансформацию  остатков в органику и гумус.Внесение на растительные остатки **гумификатора** позволяет не только их разложить и структурировать, но и подавить на них зимующую гнилостную и фитопатогенную микрофлору (корневые гнили) [5]. Кроме того, это привносит в почву ценные микроэлементы которые в дальнейшем обогатят гумус.

Для улучшения процесса структурирования почвы, а так же дополнительного обогащения её ценными органическими веществами, в первую камеру помещаются дождевые черви. Их слизь склеивает почвенные комочки, передвижение разрыхляет структура, а кишечные выделения обогащают почву органическими веществами. Планируется использовать червей из семейства *Lumbricidae –* Большого и Малого выползков (Рис.34), которых легко купить в зоомагазине или магазинах для рыболовов. Они достаточно неприхотливы и могут даже зимовать в укрытых контейнерах.

Значение почвенных червей очень велико. Дождевые черви вместе с почвой поглощают огромное количество растительного детрита (пожнивные и корневые остатки), микробов, грибов, водорослей, нематод и др. Уничтожают и переваривают их, выделяя одновременно с копролитами большое количество собственной кишечной микрофлоры, ферментов, витаминов, которые обладают антибиотическими свойствами, препятствуют развитию патогенной флоры, выделению зловонных газов, обеззараживают почву.

В процессе переваривания растительных остатков в кишечнике червей формируются гумусные вещества. Поступая в почву, они замедляют вымывание из нее подвижных соединений, предотвращают водную и ветровую эрозии. В копролитах червей естественных популяций содержится 11-15% гумуса [6].

В ходе проектирования модели возник вопрос: не повредит ли червям внесение гумиикаторов в среду их обитания. Проведённые эксперименты и последующие наблюдения за жизнедеятельностью червей обоих видов показали, что при разбавлении концентрата препарата в соотношении 1:1 они прекрасно себя чувствуют в почве и лиственных стружках, обработанных гумификатором, что позволяет совмещать химическую обработку растительного мусора с биологической.

В первой камере растительная стружка проводит 1-2 недели.

На дне камеры гумификации проделаны продольные отверстия, через которые начавший разлагаться растительный мусор просыпается во вторую камеру – камеру долговременной обработки. В стенах этой камеры поддерживается оптимальная влажность и, с помощью нагревательных тэнов, оптимальная для гумификации температура - 20°С [12]. Туда же перемещается часть червей из верхней камеры, продолжая процесс переработки растительных остатков. Во второй камере растительные остатки проводят около 2-3 месяцев (можно и меньше), после чего превращаются в рыхлую плодородную почву, которую можно высыпать на газоны или использовать для посадки цветов (только во втором случае почву рекомендуется просеять, чтобы черви не попали в цветочные горшки и не повредили корни растения).

Таким образом, растительный мусор можно добавлять в первую камеру в течение всего лета и осень. А если предусмотреть подключение системы к электросети с дополнительной подпиткой от солнечной батареи и предусмотреть установку пенопласта между наружной и внутренней стенками контейнера в качестве утеплителя , то процесс можно продолжать и в зимнее время.

Спроектированная нами комнатная модель полностью функциональна, она протестирована для таких комнатных растений как Фикус Бенжамена, Хамидорея, Аспарагус, Хедера, Пеларгония и Розан. Формируется качественный гумус.

Домашний почвообразователь изготовлен из обычных пластиковых контейнеров. В дне верхнего контейнера проделаны отверстия, чтобы почва из камеры 1 пересыпалась в камеру 2. В крышке верхнего контейнера проделаны отверстия для измельчителя и для заливки воды и гумификатора. Для равномерного распределения жидкости к воронке залива раствора прикреплён кольцевой пластиковый шланг с отверстиями, который в капельной форме равномерно распределяет препарат по всем растительным стружкам (Рис. 35).



**Рис. 34. *Установка почвообразователя для комнатного использования.***

Измельчитель для комнатного использования был изготовлен работником токарного цеха авиастроительного завода «Салют» по составленным нами эскизам. Составляющие модели можно приобрести в хозяйственном магазине. Собрать систему самостоятельно под силу любому человеку, если придерживаться описания строения и схемы, изображённой на рис. 33. Стоимость модели составляет приблизительно 1000 рублей (Табл. 8):

***Таблица 8. Расчёт примерной стоимости комнатной модели* [15]**

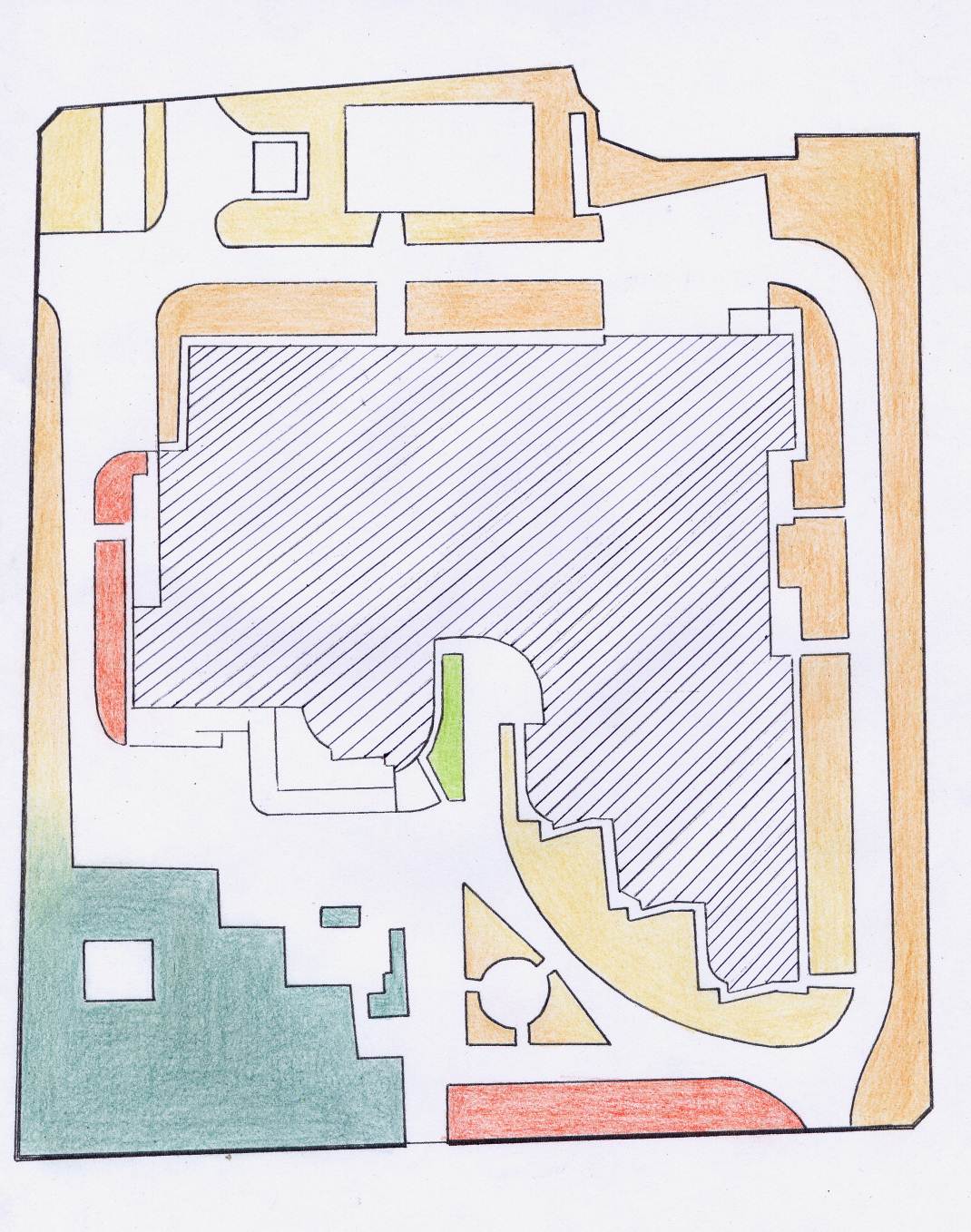
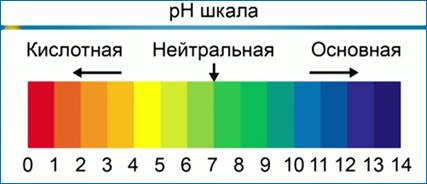
|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Материалы и работы | Расход | Стоимость  (март 2019г.) |
| Основа (пластиковые коробки) | 2 × 170 р. | 340р. |
| Шланг (диаметр: 300 мм) | 0,3 × 100 р. | 30р. |
| Воронка пластиковая | 1 × 20 р. | 20р. |
| Измельчитель | 1 | 300р. |
| Проволока | 0,5 м | 20р. |
| Черви дождевые (Малый выползок) | 2 комплекта | 50р. |
| Гумификатор | 1 | 200р. |
|  | Итог: | 960р. |

Система для функционирования на территории пришкольного сквера должна быть приблизительно в 10 раз больше комнатной модели (3м×2м×1,5м) и сделана из других материалов: двуслойная металлическая стенка снаружи (для теплоизоляции), пластиковая внутренняя стенка для защиты от ржавения, пластиковая межкамерная решётка на металлических стержнях-опорах. А также понадобится садовый измельчитель в для первичной механической переработки мусора. Общая стоимость системы составит приблизительно 41000 рублей (с учётом цен на материалы 2017- 2019 гг.) (Табл. 9). И это позволит значительно сэкономить затраты на вывоз листвы, привозе почвы и торфа, а польза от такой плодородной почвы будет гораздо значительней. Кроме того, с почвой можно обогатить участок дождевыми червями, а также ценой микрофлорой, которые продолжат процесс восстановления почвы уже в естественных условиях.

**Таблица 8б. *Расчёт примерной стоимости садового варианта почвообразователя* [15]**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Материалы и работы | Расход | Стоимость (март 2019 г.) |
| Лист металлический оцинкованный толщиной 0,5 см  [(1250×2500)](http://gostmetal.ru/listy/otsinkovannyy/ots05/) | 12×251р | 3012р. |
| **Лист полипропилен 3000х1500 мм (натуральный, RAL 9003): 0,3 см** | 5×2608 | 13040р. |
| **Лист полипропилен 3000х1500 мм (натуральный, RAL 9003) нарезной 0,5 см (для создания межкамерной решётки)** | 1×4347р. | 4347р. |
| **Металлические стержни (**арматура 10 мм / А3 / А500 / ТУ) | 4 м×25р. | 100р. |
| Измельчитель садовый PATRIOT PT SE 24 электрический | 1 | 8470р. |
| Трубчатый электронагреватель воздуха ТЭН-265-14 8,5/2,5 U230 | 1 | 1950р. |
| Утеплитель пенопласт (2000 × 1000 × 300) | 6 × 720 р. | 4320 р. |
| Электрокабель погружной (водостойкий) КВВ 3х2,5 | 12м×120р. | 1440р. |
| Электросварочные и монтажные работы | - | 4800р. |
|  | **Итог:** | **41 479 р.** |

Однако быстро изменить состояние и химический состав почвы не удастся даже такими методами. В связи с этим мы разработали и частично реализовали программу зонирования территории нашего пришкольного сквера с учётом рН-реакции почв. Растительные культуры весьма разнообразны в потребностях к химическому типу почв, а так как на территории встречаются как известковые и нейтральные (в небольших количествах), так и кислые почвы, то это даёт возможность сочетать большое разнообразие декоративных культур (Рис. 36).



**Рис. 35. *Зонирование пришкольного сквера с учётом рН-реакции почв***

Например, розы, раньше произраставшие на газоне у выхода, плохо развивались и цвели на известковой почве. Оказалось, что они предпочитают кислые и нейтральные почвы в хорошо освещённых местах. Их перенос на центральную клумбу (с кислой почвой) и газончик у крыльца с нейтральной почвой улучшил состояние их вегетативных органов и увеличил количество образующихся бутонов буквально в этот же год. Такого же эффекта удалось достичь с пианами и гортензиями (Рис.37). Исходя из полученного опыта, был составлен план зонального озеленения пришкольного сквера с учётом потребности растений к химическому составу почвы, который планируется реализовать в предстоящем году.

Также, подробно изучив литературу по данному вопросу, мы нашли еще один способ помочь нашей почве восстановиться, а именно избавить ее от излишков тяжелых металлов, накапливающихся в ней. Существуют культуры-сверхнакопители, способные накапливать и удерживать в своей корневой системе тяжелые металлы и с последующим удалением этих культур из почвы, соответственно, избавлять ее от наличия этих самых металлов [16]. Примером таких культур служат представители семейства Злаковые, такие как рожь, пшеница, овес и др., чьи неприхотливость и помимо всего прочего способность накапливать тяжелые металлы, делают их «идеальными» кандидатами для посадки в требующую помощи почву. Последующее выкапывание данных растений поможет снизить концентрации опасных загрязнителей в земле. Планируется высадка данных культур и на территории нашего сквера.

**ВЫВОДЫ**

На основе проведённых исследований можно сделать следующие выводы:

* + 1. Состояние почвенного покрова на пришкольном участке неудовлетворительное: корни древесных культур оголены, почвы слишком плотные суглинистые;
    2. Плодородный слой почвы (гумус) очень тонкий и составляет в среднем 6,5 см, что не достаточно для полноценного развития цветочных и декоративных культур. При этом на глубине 14-17 см расположен строительный мусор, затрудняющий процесс корнеобразования;
    3. За счёт внесения торфа почвы на большей части сквера имеют кислую или слабокислую реакции, что негативно сказывается на развитии многих декоративных культур;
    4. В химическом составе почвы встречается много ионов железа (III) и меди, которые могут быть результатами близкого залегания в земле строительного мусора, а также встречаются ионы свинца как следствие близкого расположения гаражей соседнего ТСЖ. Использование антигололёдного реагента зимой и сгребание снега на газоны приводит к засолению почв и накоплению большого количества ионов хлора во всех пробах;
    5. Видовой состав макрофауны почвенной биоты очень скудный и представлен в основном кивсяками, которые приносят вред корням декоративных культур. Практически отсутствуют дождевые черви;
    6. Регулярный вывоз лиственного опада требует больших финансовых затрат.

При учёте полученных результатов установка и использование почвообразователя поможет более экономичными методами восстанавливать плодородие почвы на территории пришкольного сквера.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В крупных городах очень остро стоит проблема сохранения и восстановления плодородия почв скверов и газонов. На это тратятся городскими коммунальными службами ежегодно большие деньги, однако принимаемые меры оказываются малоэффективны и в итоге вынуждают применять метод внесения почв из природных экосистем.

В естественных сообществах круговорот веществ замкнутый: осенью в почву возвращаются органические и минеральные вещества, поглощённые за лето, в виде растительного опада. Поэтому природный биогеоценоз способен к саморегуляции и неограниченному поддержанию своего плодородия. В городских условиях опавшие листья создают проблему, вызывая грязь на улицах, ухудшая декоративный облик газонов, создают пожароопасные условия. Поэтому их убирают, что приводит к ухудшению состояния и ежегодному уменьшению плодородного слоя.

Рекомендуемая нами установка по быстрому разложению растительного мусора и созданию из него гумуса поможет решить как финансовую проблему (вывоза мусора, привоза почв), так и эстетическую (установки небольшого размера и их можно снаружи задекорировать в любом стиле). И хотя на первых порах её использование придётся сочетать с привозом почв и внесением удобрений, то через 2-3 года можно будет полностью перейти на регенерацию почв с её помощью. Такие установки можно использовать не только в парках и скверах, но и во дворах жилых домов и на садовых участках, чему немало способствует простота её монтажа и ремонта.

Таким образом, решение проблемы сохранения городских почв позволит частично решить и другую очень серьёзную проблему – сохранения зелёных насаждений в черте города. Ведь каждый маленький сквер или газон – это незаменимый источник кислорода для жителей, а также уголок покоя и уюта в каменных джунглях.

# СПИСОК ИСТОЧНИКОВ ИНФОРМАЦИИ:

1. Гиляров М.С., Покаржевский А.Д. Почвенные беспозвоночные как объект экологического мониторинга//Охраняемые природные территории Советского Союза, их задачи и некоторые итоги исследований. М.: Центр международных проектов ГКНТ, 1983 – 115 с.
2. Общая экология: учебник для студентов педагогических вузов, Н.М.Чернова, А.М.Былова, - М.: Дрофа, 2007 – 411 с.
3. История изучения плодородного слоя земли: <http://mybiblioteka.su/6-43496.html>
4. Методы определения типов и структуры почв: <http://uchilok.net/geografia/121-struktura-pochvy.html>
5. Определение гумификации: <http://ru-ecology.info/term/19084/>
6. Польза дождевых червей: https://pikabu.ru/story/o\_polze\_dozhdevyikh\_chervey\_v\_sadovodstve\_5074494
7. Почвенные горизонты: <http://studbooks.net/1146184/agropromyshlennost/pochvennyy_profil>
8. Принцип работы гумификатора: <http://perspectivagro.ru/gumifikator.html>
9. Проблемы городских почв: <https://refdb.ru/look/1027116-p2.html>
10. Санитарно эпидемиологические требования к качеству почв территории населяемых населяемых мест: <https://testeco.ru/research/ecology_articles/canpin-2-1-7-1287-03-canitarno-epidemiolohicheckie-trebovanija-k-kachectvu-pochvy.html#id3>
11. Состав и структура почвы: <http://geolike.ru/page/gl_1053.htm>
12. Строение почвенного профиля: <http://ngsha-courses.ru/?utm_source=place1>
13. Структура и типология почв: <http://biofile.ru/geo/3786.html>
14. Химический состав почвы: <http://ground-best.ru/tipologiya_i_himicheskiy_sostav_pochv>.
15. Экономическое обоснование моделей: <http://gostmetal.ru/listy/?yclid=18226266467828244930>, <http://www.verta-tara.com/14-listy/?utm_campaign=29379648&utm_term=%D0%BA%D1%83%D0%BF%D0%B8%D1%82%D1%8C%20%D0%BF%D0%BB%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5%20%D0%BB%D0%B8%D1%81%D1%82%D1%8B&utm_banner=4642408928&utm_phrase=10692509445&utm_content=premium/1&_openstat=ZGlyZWN0LnlhbmRleC5ydTsyOTM3OTY0ODs0NjQyNDA4OTI4O3lhbmRleC5ydTpwcmVtaXVt&yclid=18226281066095711914>, <https://sale-stroy.ru/shop/armatura>, <http://regmarkets.ru/sadovye-izmelchiteli-29173/>, <http://moskva.satom.ru/t/elektronagrevateli-trubchatye-teny-dlya-otopitelnyh-priborov-4435/?sort=rating&display=gallery>, <https://eco50.ru/solnechnye-sistemy/solnechnye-batarei/>, <https://market.yandex.ru/search?text=%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BA%D0%B0%D0%B1%D0%B5%D0%BB%D1%8C%20%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%B9%D0%BA%D0%B8%D0%B9%20%D0%BA%D0%B2%D0%B2%203%D1%852%2C5%20%D0%BA%D1%83%D0%BF%D0%B8%D1%82%D1%8C&clid=545&local-offers-first=0&deliveryincluded=0&onstock=0>, http://welder24.ru/.

https://www.stroyshopper.ru/product/penoplast\_2000kh1000\_t\_20mm\_1\_list/

1. Культуры – сверхнакопители:

http://www.chem.msu.su/rus/jornals/chemlife/2000/trava.html,

http://agrohimija24.ru/mikroelementy/2084-vidy-rasteniy-giperakkumulyatorov.html